المحتويات

قائمة الجداول

قائمة الأشكال

١ - المقـدمة

قام المشروع المصري للحد من التلوث (EPAP) تحت إشراف جهاز شئون البيئة بتسناد مهمة إعداد كتيبات إرشادية (أدلة إرشادية) للتفتيش و الرصد الذاتي علىى القطاعىات الصناعية المختلفة إلى عدد من الاستشاريين. و قد تم في هذا الإطار إعداد أدلة إرشادية للتفتيش على القطاعات التالية :

- قطاع الصناعات الغذائية وخاصة صنىىاعة منتجىات الألبىىان ٍ تجهيىز الفاكهىة والخضراوات ٍ طحن الحبوب ٍ المشروبات الغازية ٍ الحلويات .
- قطاع صناعة اللاب والورق .
- قطاع الصناعات التعدينية وخاصة صناعة الحديد والصاب و صناعة الألومنيوم.
- قطاع الصناعات الهندسية و خاصة صنىىاعة المنتجىات المعدنيىة و تجميىع المركبات.
- قطاع صناعة النسيل.

و حيث أن كافة القطاعات الصناعية تشترك في بعض الخصائ f العامة التىي تحتىاج لدراسات تفصيلية ٍ فقد قام المشروع المصري للحد من التلىوث بتكليىف عىدداً مىن الاستشاريين المصريين لإعداد أدلة إرشادية للتفتيش و الرصد الذاتي لكل من:

- وحدات توليد الطاقة .
- المخلفات الخطرة .
- وحدات معالجة مياه الصرف الصناعي.

و تعتبر وحدات توليد الطاقة مكوناً مهماً في معظم القطاعات الصناعية. و يتضمن هذا الدليل الإرشادات الخاصة بتجراءات التفتيش على وحدات توليد الطاقة بما فيهىا خىط الوقود (التخزين ٍ الإمداد ٍ عملية حرق الوقود) و خط المياه (الميىاه الداخلىة ٍ معالجىة المياه ٍ الإمداد بالمياه و خطوط توزيع البخار) .

١-١ أهداف دليل التفتيش

وتتضمن الأدلة الإرشادية لوحدات توليد الطاقة دليلان: دليل التفتيش ٍ و دليىل الرصىد الذاتي. ويشترك الدليلان في الفصول الخاصة بوصف وحدات توليد الطاقة و البيانىات الخاصة بالملوثات و القوانين البيئية ذات الصلة. و يتضمن كل منهما إرشادات مرجعية إلى الدليل الإرشادي العام الذي سبق إعداده و ذلك لتجنب التكرار.

ويستخدم هذا الدليل جنباً إلى جنب مع الدليل الإرشادي الخا f بكل قطاع صناعيٍ فهو يتضمن المعلومات الأساسية عن عمليات تشغيل وحدات توليد الطاقة المختلفةٍ و يحدد مصادر التلوث المرتبطة بها و تقنيات الحد من انبعاث الملوثات. و قد تم ربط أنشطة التفتيش في هذا الدليل بمصادر التلوث بالنسبة لإجراءات رصد الالتزام البيئي. كما يتضمن هذا الدليل عرضاً لإجراءات رصد المتغيرات ذات الصلة بعمليات التشغيل.

١-٢ تنظيم دليل التفتيش

يعرض الفصل الأول مقدمة عامة عن المشروع ككل. و تتناول الفصول من ٢ إلى ٥ وحدات توليد الطاقة وتأثيراتها على البيئة .

يقدم الفصل الثاني وصفاً لوحدات توليد الطاقة ٍ ويعطى وصفاً تفصيلياً لمختلف خطوات التشغيل و مدخلاتها و مخرجاتها.

يعرض الفصل الثالث مصادر التلوث المختلفة المرتبطة بوحدات توليد الطاقة و وصفاً للانبعاثات و الصرف السائل و المخلفات الصلبة. بينما يعرض الفصل الرابع أهم التأثيرات الصحية و البيئية للملوثات ٍ أما الفصل الخامس فيعرض موجزاً لمواد القوانين البيئية المرتبطة بالصناعة. و يقدم الفصل السادس نماذج للإجراءات و الأساليب التي يمكن تطبيقها في مصر للحد من التلوث.

أما الفصول من ٧ إلى ٩ فتعرض إجراءات التفتيش و يخت f الفصل السابع بعرض وصف موجز للأنشطة التي تسبق الزيارة التفتيشية . و يعرض الفصل الثامن المهام المختلفة لأعضاء فريق التفتيش أثناء التفتيش على الموقع. أما الفصل التاسع فيعرض المهام المتعلقة بمتابعة نتائج التفتيش الميداني و يتضمن كتابة تقرير التفتيش و دعم الإجراءات الإلزامية المقترحة بالأدلة و البيانات و متابعة موقف المنشأة من حيث توفيق أوضاعها لتتلاءم مع القوانين البيئية .

١-٣ استخدام دليل التفتيش

إن التفتيش على وحدات توليد الطاقة لا ينفصل عن التفتيش على المنشأة الصناعية الملحقة بها إلا في حالة وجود شكوى خاصة بعمليات تشغيل الوحدة أو في حالة وقوع حادث. لذلك فإن استخدام دليل التفتيش لا ينبغي أن يتم بمعزل عن الأدلة القطاعية المتخصصة و دليل التفتيش العام (GIM EPAP, 2002) الذي يوفر كافة التفاصيل عن أهداف إجراءات التفتيش .

ويتضمن التخطيط للتفتيش على وحدات توليد الطاقة دراسة الجوانب الفنية المرتبطة بعمليات تشغيل تلك الوحدات: متطلبات عمليات الاحتراق، عمليات معالجة مياه تغذية الغلايات، شبكة توزيع البخار و خطوط الإمداد بالوقود. و يعرض الفصلان ٢ و ٣ من هذا الدليل أهم المعلومات الفنية المرتبطة بوحدات توليد البخار .

وترجع أهمية المعلومات الخاصة بموقع الوحدة في المنشأة و نوعية الأوساط البيئية المستقبلة لمياه الصرف الصناعي إلى ارتباطها بتحديد مواد القوانين و اللوائح البيئية ذات الصلة.

و يعتمد حجم فريق التفتيش و نوعية المعدات اللازمة لإجراء التفتيش على وحدات توليد الطاقة على حجم الوحدة نفسها. و يعتبر رئيس فريق التفتيش، بالتنسيق مع إدارة التفتيش، مسئولاً عن تقييم متطلبات التفتيش.

١-٤ خلفية عامة

هناك أنواع مختلفة من الغلايات (المراجل)، أبسطها هو الغلايات الأسطوانية ذات الغلاف (Shell-type boiler) ، و التي يتم تسخينها بواسطة لهب مسلط على جدارها الخارجي. و ينبغي عند اختيار نوع الغلاية، أو تصاميمها، أن تتم مراجعة العوامل الحرارية و الهيدروليكية و الإنشائية و نوع الوقود وأنظمة الاحتراق، لتناسب أغراض التشغيل.

وتختلف المشاكل المرتبطة بالغلايات عموماً تبعاً لنوع الغلاية و نظام تشغيلها، لذلك فإنه من المناسب الإلمام ببعض المصطلحات مثل، الغلاية، مولدات البخار، غلايات الضغط الحرج، الضغط المنخفض، الضغط العالي، البخار، و غلايات تسخين المياه الساخنة (hot water heating boilers). و تتضمن مواد القوانين المختلفة، و كذلك

الرموز المدونة على الغلايات، التعريفات الخاصة بمتطلبات التركيب أو إعادة التفتيش، و تراخيص تشغيل الغلايات.

الغلاية أو مولد البخار : هي وعاء ضغط محكم يتم تسخين السوائل بداخله (غالباً المياه). فإذا كان الغرض من استخدام الغلاية هو الحصول على المياه الساخنة فيطلق عليها اسم سخان مياه أو "غلاية المياه الساخنة" (hot-water boiler) . أما إذا كان الغرض من استخدام الغلاية هو توليد البخار (الرطب، المشبع ، أو المحمص) تحت ضغط مرتفع فيطلق عليها اسم "مولد البخار" (steam generator) . يتم تسخين المياه في الغلاية بواسطة الحرارة الناتجة عن حرق الوقود (صلب ، سائل ، غازي)، أو باستخدام الكهرباء أو الطاقة النووية . و يتم انتقال الحرارة إلى المياه داخل الغلاية عن طريق أسطح التسخين. يوضح الملحق (A-1) المصطلحات المرتبطة بالغلايات.

و يتطلب تشغيل الغلاية و صيانتها و التفتيش عليها فريقاً من الفنيين على مستوى عال من التدريب . كما يحتم التطوير المستمر في تقنيات التحكم و أجهزة القياس إلمام القائمين بتشغيل الغلاية بإجراءات التحكم الحديثة القائمة على أساس نظام متكامل يتضمن المتغيرات التالية:

- أحمال التدفق الحراري Load flow for heat ، استخدام العمليات أو توليد الطاقة الكهربية.
- تدفق الوقود و كفاءة الاحتراق .
- تدفق الهواء اللازم للاحتراق المناسب الذي ينتج عنه أقل تركيز للملوثات .
- معدلات تدفق المياه و البخار لمتابعة التغير في الأحمال .
- معدلات سريان عوادم احتراق الوقود للحصول على أكبر قدر من الطاقة الحرارية .

كما يتطلب تشغيل الوحدات الأوتوماتيكية معرفة أساليب التشغيل الأمثل و كيفية عمل نظم التشغيل للحصول على أفضل النتائج. غير أن تشغيل الوحدات الأوتوماتيكية لا يغني عن الإلمام التام بأساليب التشغيل اليدوي التي يتم اللجوء إليها في حالة حدوث أعطال طارئة مما يلزم القائمين على عمليات التشغيل معرفة كافة تفاصيل نظام الغلاية حتى يتمكنوا من إصلاح الأعطال بشكل سريع. و في حالة استحالة التعرف على الأعطال فإنه يمكن بواسطة أجهزة القياس الحديثة و البرمجيات تتبع العمليات في مختلف مراحل نظام الغلاية لمعرفة إذا ما كان العطل مرتبط فقط بأجهزة القياس أم أن أحد مكونات النظام أصابه عطل كهربي أو ميكانيكي. يوضح الملحق (A-2) التعريفات

الأساسية للصمامات و أجهزة التحكم و المعدات الملحقة، بينما يعرض الملحق (A-3) المصطلحات المرتبطة بالمعدلات و المعايرة .

و توفر المدخنة مصرفاً لسحب الغازات العادمة، و يعتبر ارتفاعها من المتغيرات الهامة في عملية تشغيل الغلاية . و يوضح الملحق (B) كيفية حساب الحد الأدنى لارتفاع المدخنة اللازم لعمليات التشغيل المثلى و يحدد القانون ٤ لسنة ١٩٩٤ ارتفاع المدخنة المناسب لحماية البيئة .

٢- وصف وحدات توليد الطاقة/ وحدات الطاقة الحرارية

تعتبر وحدات توليد البخار هي أهم مصادر الطاقة في المنشآت الصناعية. و تتضمن تلك الوحدات خطين رئيسيين: خط الوقود و خط المياه، و هما خطان منفصلان تماماً عن بعضهما من حيث انتقال الكتلة (mass transfer)، و العلاقة الوحيدة بين الخطين تتم من خلال انتقال الحرارة الناتجة من حرق الوقود إلى المياه و التي ينتج عنها توليد البخار . و يمكن التفريق بين وحدات توليد البخار المختلفة اعتماداً على ما يلي:

- نوع وحدة توليد البخار .
- الاستخدام .
- نوع الوقود .
- التقنية المستخدمة لمعالجة المياه .

و هناك وحدات أخرى لتوليد الطاقة يتم استخدامها في الصناعة مثل:

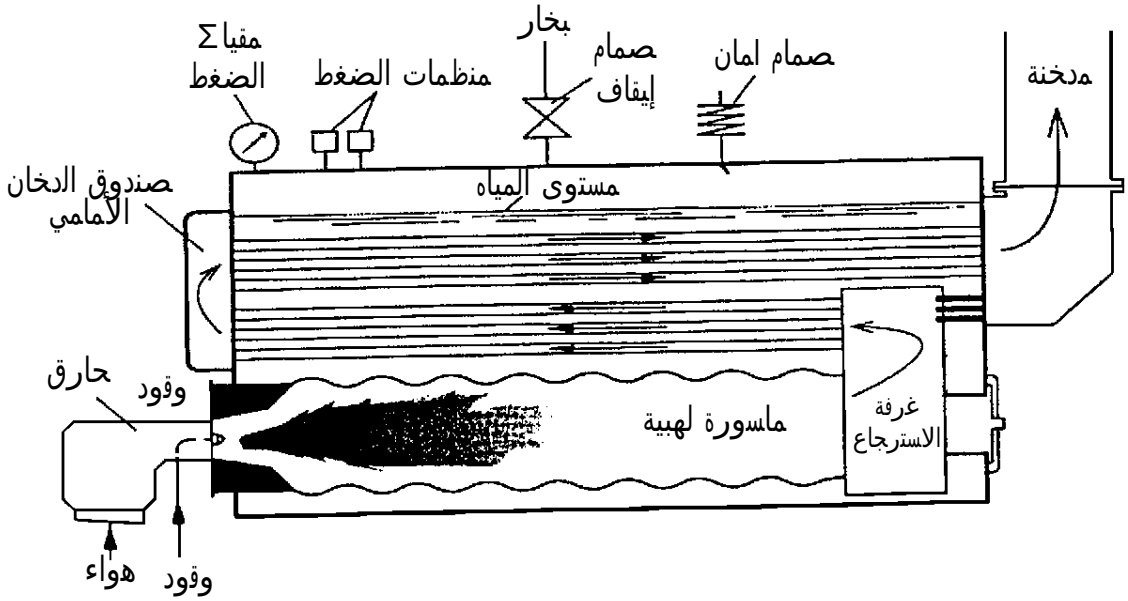
- مولدات الديزل .
- التوربينات الغازية .

٢-١ تصنيف الغلايات وفقاً لنوع وحدة توليد البخار (الشكل العام)

لا يوجد ارتباط مباشر بين أنواع الغلايات و انبعاث الملوثات في ظروف التشغيل العادية، و مع ذلك فإن الإلمام بكيفية تشغيل كل نوع منها يلقي الضوء على عمليات التحكم في التشغيل لتجنب الأعطال من خلال الصيانة الوقائية .

٢-١-١ غلايات مواسير اللهب (Fire-tube boiler) :

في هذا النوع من الغلايات تتدفق الغازات المرتفعة فى درجة حرارتها الناتجة عن الاحتراق عبر قنوات (غالباً ما تكون على شكل مواسير) تمر داخل وعاء للماء . كما يحتوي هذا الوعاء أيضاً ماسورة كبيرة (ماسورة اللهب flame tube) يتم بداخلها حرق الوقود . غالباً ما تستخدم غلايات مواسير اللهب لأغراض التسخين و الأغراض التجارية و الاستخدامات الصناعية. و تؤثر متطلبات انتقال الحرارة على شكل الغلاية و تركيبها بحيث يسمح تصميمها باستخلاص و نقل أكبر قدر من الطاقة الحرارية الناتجة عن الاحتراق إلى المياه .



الشكل رقم (٢-١) غلاية ذات مواسير لهب ثلاثية الممرات
(Three-Pass Fire-Tube Boiler)

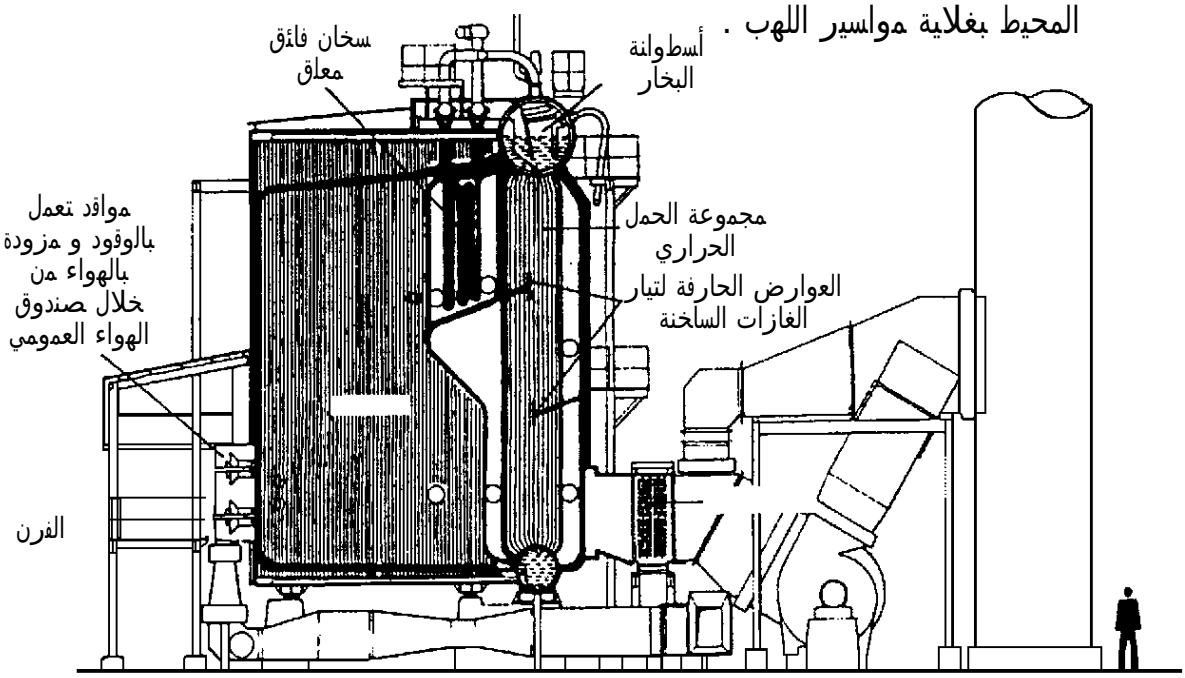
و تباع غلايات مواسير اللهب في شكل وحدة واحدة تتضمن وعاء الضغط (pressure vessel) الحارق أو الولاعة و المكونات الأخرى مجمعة على شكل وحدة يتم اختبارها بالكامل من قبل المصنع قبل شحنها إلى الجهة المطلوبة و يتم تسليمها كمنتج سابق التركيب و معد ليحتل مكانه المحدد داخل المنشأة بسرعة بعد التوصيل بمصادر الكهرباء و خط إمداد الوقود و المياه.

٢-١-٢ غلايات مواسير المياه (Water Tube Boiler)

في هذا النوع من الغلايات تتواجد المياه داخل مواسير حيث تتدفق نواتج الاحتراق (الغازات الساخنة) من حولها (الشكل ٢-٢) .

تتكون أسطح التسخين في الغلاية من مجموعة من المواسير بعضها معرض مباشرة للهب و البعض الآخر معرض لتدفق الغازات الساخنة الناتجة عن احتراق الوقود . و تزود مجموعات المواسير بعوارض جارفة (Baffles) تعمل على إيجاد مسارات متعددة لتيار الغازات الساخنة المتدفق لتزيد من كفاءة أسطح التسخين . و بهذا تنتقل الحرارة إلى المياه في الغلاية عبر مواسير رقيقة المقطع مقارنةً بسمك جدار غلاية مواسير اللهب. و يمكن بالتالي زيادة ضغط التشغيل (working pressure) أكثر مما هو متاح في غلايات مواسير اللهب . كما يمتاز هذا النوع من الغلايات عن غلايات

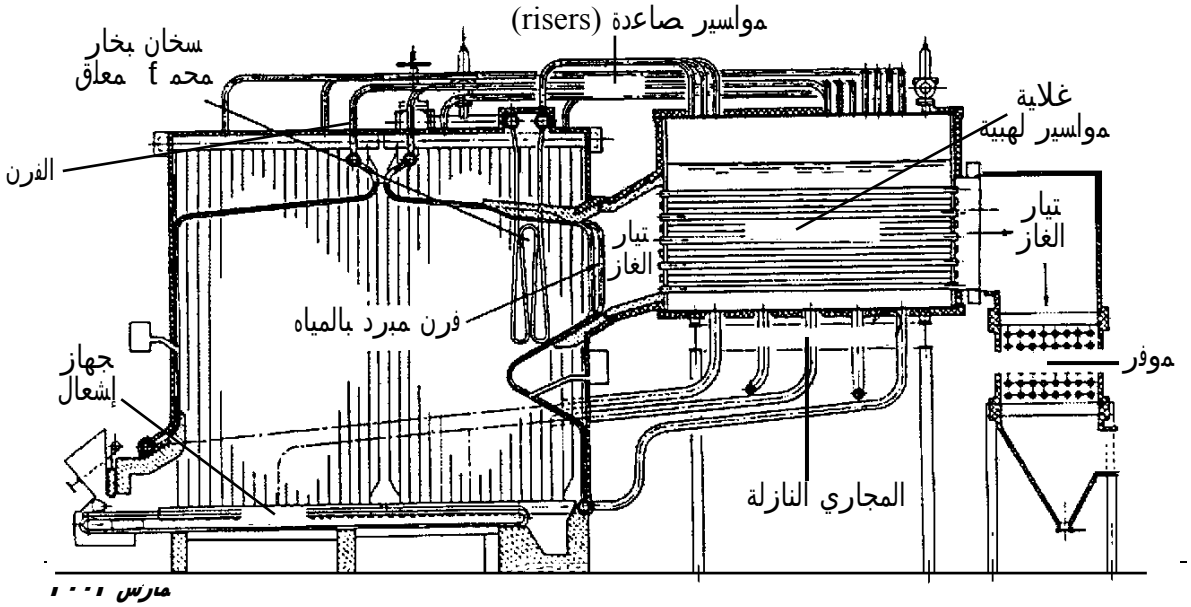
مواسير اللهب من ناحية انخفاض الأضرار التي قد تنتج من حدوث تشققات بأحد المواسير إذا ما قورنت بالأضرار التي قد تنتج من جراء تصدع أو تشقق الغلاف المحيط بغلاية مواسير اللهب .



الشكل رقم (٢-٢) غلاية مواسير مياه مزدوجة الأسطوانة تشغل بواسطة الغاز أو الوقود

٢-١-٣ الغلايات المركبة (Composite Boiler)

تقوم فكرة تصميم هذا النوع الحديث من الغلايات على دمج طريقة تشغيل غلايات مواسير اللهب و مواسير المياه معاً (الشكل ٢-٣) .



الشكل (٢-٣) الغلاية المركبة

جدول (٢-١): خصائ t 3لايات مواسير اللا٦ب و 3لايات مواسير المياه

	مواسير اللا٦ب	مواسير المياه
ال٦ج٦ط	محدد بمقدار ٢٠-٣٠ بار (٢٠ بثار للغلايات ذات الحجم الأكبر)	غير محدد
السعة أو القدرة الحرارية	محددة بحوالي ٢٠ ميجاوات	غير محددة
أنواع الوقود المستخدمة	كافة أنواع الوقود التجاري	غير محددة حيث أنثا٦ يمكثن تصميم الفرن ليناسثب نوعثاً معيناً من الوقود نظراً لاتساع٦
التكلفة	منخفضة مقارنة بمواسير المياه	مرتفعة مقارنة بمواسير اللهب
التركيب	وحدة واحثدة أو متكاملثة جثاهزة للتشغيل بعثد توصثيلها بالخثدمات اللازمة في الموقع	يمكن تجميعهثا بالمصثنع أو تركيبها في الموقع
الكفاءة	٨٠-٨٥% (القيمة الحرارية العليثا) تبعاً لنوع الوقود و يمكن زيادة النسبة بتزويثثد الغلايثثة بثثالموفر (economizer)	٨٥-٩٠% (القيمة الحراريثة العليا) تبعثاً لنثوع الوقثود. الغلايثة مثزودة بثالموفر أو بمسخن هثواء (preheater) ويمكن استخدام الاثنين لزيادة الكفاءة إلى الحد الأقصى
ال٦ر f من مياه الاستخدام	أغراض التسخين وتوليد بخار مشبع للصناعة	توليد الطاقة وتوليثد البخثار للعمليات الصناعية

٢-٢ تصنيف ال٦لايات وفقاً للاستخدام

يمكن تقسيم أنظمة الغلايات إلى:

١) غلايات لتوليد الطاقة الكهربية .
٢) غلايات البخار عالي الضغط للاستخدام الصناعي .
٣) غلايات البخار منخفض الضغط للاستخدام الصناعي .
٤) أنظمة التسخين بالبخار .
٥) أنظمة المياه الساخنةلا منخفضة الضغط و عالية الضغط .

٦) أنظمة تستخدم سوائل تسخين أخرى غير دورة المياه-البخار (مثل زيوت dowtherm)

٢-٢-١ أنظمة البخار لتوليد الطاقة الكهربية

تستخدم الغلايات ذات مواسير المياه لتوليد الطاقة الكهربية في المرافق العامة، و هي تعمل عند مستويات من الضغط تحت الحرج (sub-critical pressure) مرتفعة بشكل ملحوظ، كما تستخدم في بعض وحدات الطاقة عند ضغوط فائقة الحرج (super-critical pressure). و يمد مولد البخار التوربينات بالبخار المحمى . وفي الوحدات الحديثة تكون الغلايات مزودة بملحقات مساعدة مثل: المحممات (superheaters)، ملفات إعادة التسخين (reheaters)، سخانات الهواء (preheaters) والتي تزيد من الكفاءة الحرارية للوحدة .

٢-٢-٢ أنظمة العمليات عالية الضغط (High-Pressure Process Systems)

تستخدم في هذه الأنظمة غلايات مواسير لهب أو مياه، تبعاً للضغط أو السعة المطلوبة. ويستخدم البخار لإمداد التوربينات بالقدرة اللازمة لتشغيل المكابس والمضخات والمعدات الشبيهة، كما يستخدم أيضاً لسد احتياجات العمليات الصناعية من درجات حرارة مرتفعة و ضغط عالي .

٢-٢-٣ أنظمة عمليات الضغط المنخفض / أنظمة المياه الساخنة
(Low-Pressure Steam Systems / Hot-Water Systems)

تصنف الغلايات و سخانات المياه التي تعمل عند ضغط تحت واحد بار (1 bar) مقياس كأنظمة ضغط منخفض.

٢-٢-٤ غلايات التسخين بالبخار (Steam-Heating Boiler)

تتكون غلايات التسخين بالبخار من وحدات ضغط منخفض مصنوعة من الصلب، و في بعض الأحيان تستخدم غلايات الضغط المرتفع المصنوعة من الصلب في المباني السكنية الكبيرة أو المنشآت الصناعية الضخمة، و في مثل هذه الحالات تزود خطوط البخار بصمامات لتخفيض الضغط في أجهزة التسخين بالإشعاع الحراري (radiators) و سخانات الحمل الحراري (convectors) و ملفات البخار (steam coils). و تعمل أنظمة تسخين البخار في دوائر مغلقة تضمن عودة متكثفات البخار إلى الغلاية.

و تعمل غلايات التسخين ذات الضغط المنخفض أوتوماتيكياً بواسطة أجهزة تحكم (تشغيل و إغلاق) أو بواسطة معدات تحكم لضبط الحارق أو الولاعة (modulating burner control) . وقد يتصور البعض خطأ أن غلايات الضغط المنخفض الأوتوماتيكية آمنة تماماً و يمكن الاعتماد عليها حيث تعمل كإنسان آلي غير أن الحقيقة على العكس تماماً من هذا التصور فقد يؤدي التشغيل الخاطئ أو الأعطال التي قد تحدث في أجهزة التحكم إلى وقوع انفجارات خطيرة . فقد ينتج عن حدوث عطل مفاجئ في أحد مفاتيح الضبط و التحكم الحدية (limit control) وقوع اشتعال زائد (over firing) يتسبب في حدوث أحد العوامل التالية:

- فشل أحد مفاتيح التحكم الحدية في إيقاف الحارق بسبب عطل ميكانيكي أو بسبب أحد المرحلات التحكمية (relay) .
- عطب ميكانيكي لأحد صمامات الوقود أو تراكم الأتربة على أحد الصمامات مما يمنع إغلاقه.
- عدم وجود رصد لدرجات الحرارة عند تشغيل الحارق يدوياً .
- كبر حجم الحارق بالنسبة لنظام الغلاية (أو انخفاض الطلب على البخار أو بسبب توقف إحدى عن العمل) .
- حدوث مس كهربائي في الأسلاك يؤدي إلى تجاوز بعض مفاتيح الضبط و التحكم .
- انصهار الملامس في أحد مفاتيح الإيقاف/التشغيل عند وضع التشغيل .
- حدوث عطل ميكانيكي أو كهربي في الصمامات التي تعمل بملف لولبي (solenoid valves) أو الصمامات التي تعمل بالهواء و التي تتولى عزل الغلاية عن القدرة الكهربية بسبب أعطاب قد تحدث في مفاتيح التحكم .

وقد تستخدم أنظمة تسخين البخار أساليب ميكانيكية أو أساليب تعتمد على الجاذبية لاسترجاع متكثفات البخار. و يختلف النظامان فيما يلي: إذا كانت كافة أجهزة التسخين من مشعات و سخانات و ملفات البخار موجودة في مستويات أعلى من الغلاية و لا تستخدم مضخات في عملية الاستعادة فإن هذا النظام يعتمد على الجاذبية الأرضية في استعادة متكثفات البخار إلى الغلاية . أما في حالة استخدام مصائد البخار أو المضخات لاستعادة المتكثفات فإن هذا النظام يعرف بنظام الاسترجاع الميكانيكي . و يتضمن هذا النظام بالإضافة إلى مصائد البخار خزان المتكثفات ومضخة المتكثفات أو خزان تفريغ (vacuum tank) و مضخة تفريغ (vacuum pump).

٢-٢-٥ أنظمة المياه الساخنة (Hot-Water Systems)

هناك ثلاثة فئات من أنظمة المياه الساخنة:

١) أنظمة التزويد بالمياه الساخنة لأغراض الغسل و الأغراض الأخرى المشابهة .

٢) أنظمة تسخين الهواء من أنواع الضغط المنخفض و يطلق عليها عادة أنظمة تسخين المباني.

٣) أنظمة مياه الحرارة المرتفعة و الضغط العالي التي تعمل عند درجات حرارة أعلى من ١٢٠م و مستوى ضغط أكبر من ١٠ بار.

و يحتاج كل من نظام تسخين المياه الساخنة (hot-water-heating system) و نظام مياه الحرارة المرتفعة (high-temperature hot-water system) إلى خزانات للتمدد (expansion tanks) تسمح بتمدد المياه بسبب الحرارة العالية دون حدوث زيادة في الضغط . غير أن خزانات التمدد قد تفقد وسائدها الهوائية (air cushion) مما يؤدي إلى حدوث ارتفاع في الضغط نتيجة تمدد المياه بالحرارة و هذه المشكلة عادة ما تواجه أنظمة تسخين المياه الساخنة. و إذا أهملت هذه المشكلة فقد يؤدي تزايد الضغط إلى فتح صمام التنفيس (relief valve) و إغراق المبنى . لذلك فإن تصريف خزان التمدد دورياً يعد أمراً ضرورياً لاستعادة الوسائد الهوائية بالخزان .

٢-٢-٦ أنظمة تستخدم سوائل تشغيل أخرى

هناك أنواع من الغلايات لا تقوم بتسخين المياه بل تستخدم سوائل أخرى مثل زيوت (dowtherm oils) خاصة إذا ما كانت هذه الزيوت تعمل على توصيل الحرارة بين الغلاية و أجهزة التسخين أو التجفيف كما يحدث في صناعة النسيج . و هذه الزيوت هي مواد كيميائية عضوية ذات درجة غليان مرتفعة و تتكون من ثنائي الفينيل و أكسيد ثنائي الفينيل (diphenyl and diphenyl-oxide) .

٢-٣ نوع الوقود

تعتبر عملية الاحتراق نوعاً خاصاً من الأكسدة يتحد خلالها الأكسجين الجوي بعناصر الوقود. و تختلف التأثيرات البيئية لعملية الاحتراق تبعاً لنوع الوقود المستخدم . و هناك ثلاثة أنواع رئيسية من الوقود التجاري التي تستخدم في الغلايات :

- الوقود الثقيل (المازوت) .
- الوقود الخفيف (السولار) .

- الغاز الطبيعي .

كما تستخدم أنواع أخرى من الوقود بكميات ليست كبيرة:

- الكيروسين .
- الغاز البترولي المسيل .
- مصاصة القصب (bagasse) و المخلفات الزراعية .
- الليكور الأسود (black liquor) .

و ترتبط الملوثات الناتجة عن عمليات الاحتراق و المنبعثة إلى الهواء مباشرة بنوعية الوقود المستخدم. يوضح الجدول (٢-٢) معدل انبعاث الملوثات لكل كجم من أنواع الوقود الرئيسية , أما المخلفات الزراعية فينتج عنها كميات من الرماد و الجسيمات تتعدى الحدود التي تسمح بها القوانين البيئية .

٢-٣-١ المازوت

المازوت من مشتقات البترول و لونه بني مائل للسواد و يتكون من متبقيات عمليات تقطير الزيت الخام الأسفلتي و كثافته النسبية حوالي ٠,٩٥ . و المازوت سائل شديد اللزوجة في الظروف الجوية الطبيعية لذلك يلزم تسخينه قبل استخدامه في عمليات الاحتراق. و تعتبر درجة اللزوجة ٢٤ ستوك (وحدة اللزوجة الحركية = Stoke) عند فونية الحارق هي درجة لزوجة مناسبة لترذيذ المازوت (atomization) . و لتخزين و تداول المازوت فإن الحد الأدنى لنقطة الوميض (درجة اشتعال البخار = Flash point) هو ٦٦م و ينبغي ضبط درجة الحرارة في المخازن عند درجة الحارة الدنيا .

و قد يصل محتوى الكبريت في المازوت إلى ٣ –٣,٥% بالكتلة و يعتبر عاملاً مؤثراً في حدوث التآكل . و يصل الحد الأقصى للمحتوى المائي في المازوت إلى ٠,٢٥% أما محتوى المواد المعدنية في المازوت فيظهر كرماد ناتج عن عملية الاحتراق و قد يحتوي الرماد على مواد خطرة لذلك تم تحديد نسبة ٠,٢٥% كحد أقصى لمحتوى الرماد في الوقود . و يستخدم المازوت عادة في عمليات التسخين في الأفران و القمائن و في الغلايات لتوليد البخار. و يعد المازوت أفضل أنواع الوقود البترولية للاستخدام في الأفران بسبب قدرته الضيائية (luminosity) .

٢-٣-٢ السولار

السولار من مشتقات البترول لونه أصفر داكن و يتكون من نواتج التقطير و بعض المتبقيات ذ كثافته النسبية حوالي ٠,٨٧ . و يستخدم السولار في ماكينات الديزل الضخمة التي تعمل في وحدات توليد الكهرباء والمحركات البحرية و الثابتة و التي تعمل عند سرعات دورانية (rotational speeds) منخفضة نسبياً و لا تحتاج إلى نوعيات خاصة من الوقود . كما يستخدم السولار أيضاً كوقود لمواقد التسخين في الصناعة و في غلايات توليد البخار و المياه الساخنة و في عمليات التجفيف . و درجة اللزوجة القصوى للسولار هي ١٢,٥ ستوك عند درجة ٨٠ف ذ و درجة الحرارة الدنيا للتداول الآمن حوالي ١٠ف ذ و قد تم حديثاً تخفيض نقطة الوميض للسولار إلى ٦٠ف . ويصل محتوى الكبريت في السولار المصري إلى ١-١,٢ % وزناً.

٢-٣-٣ الغاز الطبيعي

يتكون الغاز الطبيعي أساساً من غاز الميثان (methane) و نسب مختلفة من غاز الإيثان (ethane) ذ غاز الهبتان (heptane) بالإضافة لبعض آثار ثاني أكسيد الكربون و كبريتيد الهيدروجين (H_2S) والنيتروجين (N_2). و يصل تركيز كبريتيد الهيدروجين في الغاز الطبيعي إلى ٠,٢% حجماً . و على الرغم من أن البنتان (pentane) والهيدروكربونات الأثقل تغلي عند درجات حرارة أعلى من درجة الحرارة الجوية إلا أنها تتبخر بنسب صغيرة عند درجات حرارة أقل .

٢-٣-٤ الغازات البترولية المسيلة

يعتبر البيوتان و البروبان التجاري (butane and propane) من المنتجات الثانوية لعملية تكرير البترول . و تتكون الغازات البترولية من خليط بنسب متفاوتة من هذين الغازين. و كل من البيوتان و البروبان له قيمة كبيرة في التسخين و يمكن تحويله إلى غاز بترولي مسيل بسهولة عند ضغط منخفض. و يعرف الغاز البترولي المسيل في أسطوانات واسعة الاستخدام وعند تبخر الغاز تصل نسبة البخار : السائل حجماً إلى ٢٥٠ : ١ .

٢-٣-٥ مصاصة القصب والمخلفات الزراعية الأخرى

مصاصة القصب من المخلفات ذات الكثافة المنخفضة و تستخدم على نطاق واسع كوقود في مصانع قصب السكر. وهي عبارة عن ألياف أعواد القصب والتى يصل قطرها إلى

٥٠ مم كحد أقصى ذات محتوى من الماء يصل إلى ٤٤-٥٥% عند استخدامها كوقود للغلايات. تستخدم معدات متنوعة لإشعال مصاصة القصب أكثرها شيوعاً هو إشعال الأكوام (pile burning) في الأفران الحرارية و الإشعال على شبكات حديدية مائلة أو متدرجة و الإشعال المعلق على شبكات حديدية ساكنة أو متحركة أو قلابة (dumping grates).

و تصلح كل من الشبكات الحديدية الثابتة (static pinehole grates) المرتكزة على أنابيب الغلاية و الشبكات الحديدية المتحركة التي يمكن إمالتها لإزالة الرماد من الفرن لكافة أغراض الاستخدام في الغلايات. و يتم توزيع الوقود داخل الفرن إما عن طريق أنظمة توزيع ميكانيكية أو أنظمة توزيع تعمل بضغط الهواء (pneumatic).

و تتسم أنظمة الغلايات التي تعتمد على استخدام مصاصة القصب كوقود ببطء سرعة تدفق الغازات المنبعثة و ذلك لتفادي أية أضرار قد تحدث لمواسير الغلاية من جراء تصادم واحتكاك الجسيمات (مثل الرمل) بها. كما تزود هذه الغلايات بالعديد من قوادح التجميع (hoppers) التي تعمل على تجميع الجسيمات المتطايرة بحيث لا تعيق سريان الغازات.

أما الغلايات التي يستخدم فيها الإشعال المعلق فتكون مزودة بأفران مرتفعة لتقليل كمية الجسيمات إلى الحد الأدنى. و في كافة الأحوال ينبغي وجود أدوات لجمع الأتربة و الغبار لتلافي حدوث أضرار بمروحة السحب (draught fan) و مشاكل في انبعاثات المدخنة. و حتى وقت قريب لم يكن لقيمة الكفاءة الحرارية للغلاية أهمية كبيرة و كانت أهم المعايير تتركز في الموازنة بين الوقود المتاح و كمية الطاقة المطلوبة. و يعد نقل الكميات الزائدة من مصاصة القصب لاستخدامها في مجالات أخرى من العمليات المكلفة نظراً لانخفاض درجة كثافة هذا النوع من الوقود، كما أن التخزين يحتاج إلى مساحات كبيرة بالإضافة إلى تحلل مصاصة القصب عضوياً أثناء التخزين بحيث تصبح بؤرة لاجتذاب الحشرات و الفئران . و قد بدأت صناعة اللب و الورق حديثاً في الاهتمام باستخدام مصاصة القصب مما ينبئ بقرب استخدام مصادر وقود أخرى مثل المازوت في صناعة قصب السكر في مصر بدلاً من مصاصة القصب. و تستخدم الغازات العادمة الساخنة المنبعثة من الغلاية في تجفيف مصاصة القصب جزئياً مما يؤدي إلى خفض درجة حرارة غازات العادم قبل دخولها إلى المدخنة، فتزداد الكفاءة الحرارية و تزداد كفاءة الاحتراق.

في معظم الغلايات التي تعتمد على إشعال الوقود السائل تتم تغذية الغلاية بالوقود من خزانات أرضية. أما في الغلايات التي تعتمد على إشعال مصاصة القصب فيتم نقل الوقود من معامل صناعة قصب السكر مباشرة إلى الغلاية دون الحاجة لعمليات التخزين . لذلك فإن الأعطال التي قد تصيب وحدات عصر القصب تؤدي بالضرورة إلى توقف إمداد الغلاية بالوقود و بالتالي توقف مخرجاتها. و يعد هذا الأمر في غاية الأهمية خاصة بالنسبة لغلايات الإشعال المعلق (suspension fiering) إلا إذا توافرت أنظمة ذات كفاءة عالية تسمح باستخدام مخزون الوقود أو إذا توافرت بنظام الغلاية الإمكانيات التي تتيح إشعال وقود بديل متاح مثل المازوت أو الغاز الطبيعي. أما المخلفات الزراعية الأخرى فلا يتم استخدامها تجارياً فى مصر حتى الآن.

٦-٣-٢ الليكور الأسود (Black Liquor)

في صناعة الورق يتم استخلاص ألياف السليولوز من الأخشاب في مصانع اللب (pulp mills) لتصنيع الورق و يتخلف عن هذه العملية سائلاً أسود يستخدم كمصدر للطاقة و الحرارة . و لهذا السائل محتوي من المواد الصلبة يتراوح بين ١٠-٢٠ % (يوضح جدول ٢-٣ نتائج التحليل النمطي لهذا السائل). كما يحتوي على مواد كيميائية تستخدم في عمليات تصنيع اللب مثل كبريتات الصوديوم (Sodium sulfate) أو كبريتيت الصوديوم (Sodium sulfite) . و تبعا لطبيعة العملية الكيميائية المتبعة في استخلاص هذا السائل يطلق عليه الليكور الأسود أو ليكور الكبريتيت (sulfite liquor) . و يتم تركيز الليكور الأسود باستخدام عوادم الغلاية الساخنة في بخر محتواه السائل إلى ٦٨% محتوى صلب و ذلك من خلال التلامس المباشر بالمبادلات الحرارية (heat exchanger). ثم يتم إشعاله في الغلايات للانتفاع بالمواد الصلبة القابلة للاشتعال أما الحرارة و المواد الكيميائية فيعاد استخدامها و يطلق على الغلايات المستخدمة في هذا المجال وحدات الاستعادة الكيميائية (chemical recovery units) و التي تعتبر وحدات ضرورية في جميع عمليات تصنيع اللب في مصر .

و تستدعى متطلبات مصانع اللب الحديثة من البخار و الطاقة استخدام غلايات الضغط المرتفع سواء كانت من الأنواع ذات الأسطوانتين المزودة بمجموعة أحادية المسار للحمل الحراري single-pass convection bank أو ذات الأسطوانة الواحدة . و يراعى عند تصميم الأفران أن تكون ذات ارتفاعات كبيرة حيث أن نواتج الاحتراق تتميز بحمل كبير من الجسيمات التي لها درجة انصهار منخفضة لذلك فإن ارتفاع الأفران يسمح بخفض درجة حرارة الغازات على أسطح الحمل الحراري

(convection surfaces) . كما يراعى أيضاً تباعد المسافات بين ملفات التحمي f و مجموعة الحمل الحراري و الموفرات لتجنب إعاقة مرور الغازات و لتسهيل إزالة الأتربة و الخبث المتخلف. و تزود الأفران بنفاثات للسناج (soot blowers) و ذلك للتنظيف أثناء التشغيل. يوضح الجدول (٢-٣) مكونات أنواع الوقود شائعة الاستخدام في مصر و قيمتها الحرارية .

جدول (٢-٢): معدل انبعاث الملوثات من أنواع الوقود المختلفة

الوقود	مقدار الملوثات (كجم/كجم وقود)			
	ثاني أكسيد الكربون	أول أكسيد الكربون	ثاني أكسيد الكبريت	أكاسيد النيتروجين
المازوت	٣,١٦٩٤٠	٠,٠٠٠٤٠٠	٠,٠٤٠٠	٠,٠٠٥٦٤٠
السولار	٣,٠٨١٣٧	٠,٠٠٠٣٦٠	٠,٠١٥٢	٠,٠٠١٤٨٧
الغاز الطبيعي	٢,٠١٠٠٠	٠,٠٠٠٠٤٢	٠,٠٠٠٠	٠,٠٠١٢٥٠

جدول (٢-٣): القيمة الحرارية و مكونات أنواع الوقود الشائعة الاستخدام في مصر

الوقود	وزن المكونات (نسبة مئوية)							القيمة الحرارية (كيلوجول/كجم)	
	كربون	هيدروجين	كبريت	نيتروجين	أكسجين	رماد	ماء	الكلية	الصافي
غاز طبيعي	٧٥,٠	٢٥,٠	--	--	٠,٠٠	--	--	٥٥٣٠٠	٤٩٨٣٠
غازات بترولية مسيلة	٨٢,٤	١٧,٦	--	--	٠,٠٠	--	--	٤٦٨٦٠	٤٣٢٨٥
كيروسين	٨٦,٠	١٣,٧	٠,٠٧	--	٠,٠٠	--	--	٤٥٩٠٠	٤٣٠٣٠
سولار	٨٦,٣	١٢,٥	١,٠٠	٠,٠٥	٠,٠٥	٠,١	--	٤٤٥٧٠	٤١٩٠٠
مازوت	٨٦,٠	١٠,٥	٣,٠٠	٠,٠٥	٠,٠٥	٠,٢	٠,٢	٤٣٢٥٠	٤١٠٨٠
مصاصة قصب	٢٤,٧	٢,٧	٠,١٠	٠,٤٠	٢٠,٦٠	١,٥	٥٠	٩٤٧٣	٧٧٩٦
الليكور الأسود	٤٢,٦	٣,٦	٣,٦٠	٠,٢٠	٣١,٧٠	١٨,٣	--	١٥٣٥٢	١٤٦٢١

٢-٤ تقنيات معالجة المياه

تعتبر نوعية المياه عنصراً أساسياً و مؤثراً في كفاءة الغلايات و أنظمة البخار. و تحتوي مصادر المياه المختلفة على شوائب متنوعة مثل الغازات الذائبة و المواد الصلبة العالقة و الذائبة. و تعتمد عمليات معالجة المياه إما على إزالة تلك المواد أو تخفيض تركيزاتها إلى المستوى الذي يحد من تأثيراتها السلبية أو على إضافة مواد

أخرى للحصول على نفس النتائج. و تهدف معالجة مياه التعويض في الغلاية إلى (make up water):

- منع تكون القشور في الغلاية (scales) و في المعدات الملحقة بها و التي تؤدي إلى انخفاض كفاءتها و حدوث أضرار جسيمة بها.
- الحد من تكون الرغوة و تجنب تلوث البخار بالمواد التي تحتويها مياه الغلاية .
- الحد من تآكل جسم الغلاية بسبب الأكسجين الذائب في مياه التغذية و تآكل مواسير شبكة البخار بسبب تواجد ثاني أكسيد الكربون . و يحدد الملحق (C) نوعية المياه التي يوصى باستخدامها لتغذية الغلايات.

و هناك طريقتين أساسيتين في معالجة المياه: المعالجة الخارجية و المعالجة الداخلية.

٢-٤-١ المعالجة الخارجية للمياه

تعتمد هذه الطريقة على إزالة الشوائب الموجودة في المياه أو تخفيض تركيزاتها قبل دخولها إلى الغلاية. و تستخدم هذه الطريقة في حالة ارتفاع نسبة بعض الشوائب في المياه إلى الحد الذي لا يستطيع معه نظام الغلاية التعامل معها. و أكثر الطرق شيوعاً في المعالجة الخارجية للمياه هي التبادل الأيوني (ion exchange) و نزع الغازات من المياه (dearation) و نزع المعادن (demineralization) . و تجدر الإشارة إلى أنه من الضروري إجراء كشف دوري على المتغيرات الأساسية التي تحدد نوعية المياه و تسجيلها و يوضح الجدول (٢-٤) أهم تلك المتغيرات.

و تستخدم مجموعة الاختبارات الجاهزة للكشف عن نوعية المياه (water test kits) أما الكشف عن الأملاح الذائبة الكلية فيتم بواسطة جهاز قياس القدرة التوصيلية (conductivity meters).

جدول (٢-٤): أهم المتغيرات التي ينبغي الكشف عنها

المؤشرات	المياه التعويضية	المتكثفات	مياه التغذية	مياه الغلاية	مياه التفويز
الأملاح الذائبة الكلية	X	X	X	X	X
القلوية	X	X	X	X	
الكلوريدات	X	X	X	X	X
العسر	X	X	X	X	
الأس الهيدروجيني	X	X	X		

تكون القشور و الحمأة

تحتوي المياه على نسب متفاوتة من بيكربونات و كلوريدات و كبريتات و نترات الكالسيوم و الماغنسيوم و الصوديوم، بالإضافة إلى السيليكا و بعض أثار الحديد و المنجنيز والألومنيوم .

تتسبب أملاح الكالسيوم و الماغنسيوم في عسر المياه، أما معظم قشور الغلايات والترسيبات الأخرى في أنظمة التبريد فتتسبب فيها مركبات الكالسيوم و الماغنسيوم. و يمكن تقسيم أملاح الكالسيوم و الماغنسيوم إلى مجموعتين:

١) بيكربونات الكالسيوم و الماغنسيوم التي تتسبب في العسر القلوي للمياه (العسر المؤقت أو عسر الكربونات) و يسهل التخلص منها بالتسخين، فيتحرر غاز ثاني أكسيد الكربون مما يؤدي إلى تكثف البخار الحمضي الذي يرتبط بمشاكل التآكل في شبكة توزيع البخار .

٢) كبريتات وكلوريدات و نترات الكالسيوم و الماغنسيوم التي تتسبب في العسر الغير قلوي (non-alkaline hardness) (العسر المستديم) و لا يمكن التخلص من هذه الأملاح بالغليان. و عادة ما تتواجد النترات بكميات صغيرة للغاية.

إن استخدام المياه الخام مباشرة في الغلاية ينتج عنه تكون القشور الصلبة التي تلتصق بأسطح التسخين . و تتميز هذه القشور بانخفاض توصيلها الحراري (١,١٥ و ٣,٤٥ وات/متر.م) مما يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة المعدن فيلين و تحدث به انتاوءات و انبعاجات و شقوق عند الضغط المرتفع مما قد يتسبب في نتائج خطيرة.

و تعتبر أكثر الأجزاء تأثراً بهذه الظاهرة هي أنابيب المياه التي تتعارض للإشعاع الحراري ، أو مواسير الأفران في الغلايات ذات الغلاف الخارجي، حيث تكون معدلات انتقال الحرارة و بخر المياه مرتفعة. أما المواسير المعرضة للحرارة بواسطة الحمل الحراري أو التوصيل فإنها تستطيع تحمل سمكاً أكبر من القشور المترسبة قبل توقفها عن العمل. و تقدر الخسارة المباشرة في الحرارة أو في الوقود نتيجة ترسب القشور بـ ٢% أو أقل في غلايات مواسير المياه بينما تصل إلى ٥ أو ٦% في غلايات مواسير اللهب حيث تكون أسطح التسخين أصغر حجماً.

و تمثل الغازات الذائبة نوعاً أخر من المشكلات إضافة إلى مشكلات ترسب الحمأة والقشور. فتتسبب غازات ثاني أكسيد الكربون و الأكسجين الذائبة و ثاني أكسيد الكربون الذي يتحرر عند تسخين المياه التي تحتوي على البيكربونات في تآكل المعادن و

مكونات الغلاية الأخرى. و حيث أن البخار المتولد يحتوي أيضاً على هذه الغازات الذائبة فإن متكثفاتها تؤدي كذلك إلى تآكل المواد المعدنية. و تحت ظروف معينة قد يحمل البخار المتولد بعض الأملاح و المواد الصلبة العالقة إلى شبكة توزيع البخار والآلات التي تستخدم البخار فتترسب بها تلك الأملاح و المواد الصلبة.

وتتضمن المعالجة الخارجية للبخار:

أ) التبادل الأيوني:

يهدف التبادل الأيوني إلى خفض درجة عسر المياه أو تيسير المياه. فالأملاح الذائبة في المياه تتحلل إلى أيونات تحمل شحنات موجبة أو سالبة و لها درجات مختلفة من الحركة و تتضمن الأيونات الموجبة (الكاتيونات cations) أيونات المعادن و الهيدروجين. أما الأيونات السالبة (أنيونات anions) فلها أهمية خاصة في عمليات تيسير المياه و منها :

كب أ- ل كل- ل ن أ- ل يد ك أ- ل ك أ-

إن العديد من التفاعلات الكيميائية مثل عمليات الترسيب تعتمد في الأساس على التفاعل بين الأيونات المختلفة في المحاليل. و عند تمرير المياه على بعض المواد الصلبة تتبادل الأخيرة أيوناتها مع أيونات المواد الصلبة الذائبة في المياه. و قد تم رصد ظاهرة التبادل الأيوني أولاً في بعض المعادن (الزيوليات zeolites) و خاصة سليكات صوديوم الألومنيوم (sodium (aluminium silicates) . و عند تخلل المياه الخام لطبقة متدرجة من الزيوليتات يتم إحلال أيونات الصوديوم محل أيونات الكالسيوم و الماغنسيوم و بالتالي تنخفض درجة عسر المياه. و بمرور الوقت تستنفذ أيونات الصوديوم في الزيوليت و تتحول الطبقة إلى زيوليت الكالسيوم و الماغنسيوم. و من الممكن استعادة طبقة زيوليت الصوديوم عن طريق المعالجة بمحلول قوي من كلوريد الصوديوم (brine) . إن الزيوليت التخليقي يعد أكثر كفاءة في تيسير المياه عن المعادن الطبيعية. أما المواد الراتينجية (الراتنجات resins) فتتفوق على الزيوليت في تيسير المياه. و الراتنجات المصنوعة بتكثيف الفينولات و الفورمالدهيد تتميز بقدرة فائقة على التبادل الأيوني. و قد تم تطوير أنواع حديثة من الراتنجات و بنفس الخصائص مثل البوليستيرين (polysterene) و الراتنجات الكربوكسيلية (carboxylic resins) .

و تعمل هذه الميسرات بكفاءة أعلى في المياه النظيفة، حيث تتم إزالة المواد الصلبة العالقة من المياه الخام عن طريق الترشيح باستخدام المخثرات (coagulants)، و إلا فتنها سوف تسد مسام مادة التبادل و تقلل من كفاءتها. و تتعرض الميسرات أيضاً إلى أضرار بسبب الاحتكاك بالمواد الدقيقة المحمولة في تيار الماء، لذلك يصبح من الضروري إضافة كميات جديدة من المادة المبادلة سنوياً (أو كل سنتين) لاستعادة كفاءة الميسرات . و تختلف الأضرار التي تحدث للميسرات وفقاً لظروف التشغيل ، لذلك ينبغي استشارة موردي الميسرات بخصوص الخسائر المتوقعة وفقاً لظروف التشغيل المختلفة.

ب) نزع الهواء (deaeration)

تتم خلال هذه العملية إزالة الأكسجين من المياه عن طريق التسخين فقابلية الأكسجين للذوبان في المياه تنخفض بارتفاع درجات الحرارة. و بذلك يمكن التخلص من الأكسجين في المياه برفع درجة حرارتها إلى درجة الغليان عند مستوى ضغط التشغيل (operating pressure) . و هناك تصميمات خاصة بالضغط و التفريغ تستخدم لهذا الغرض. في أنظمة نزع الهواء التي تعتمد على الضغط يتم ضخ البخار الساخن في المياه لإزالة الأكسجين و رفع درجة حرارة مياه تغذية الغلاية في نفس الوقت. أما وحدات التفريغ فتستخدم في الحالات التي لا تتضمن تسخيناً للمياه.

و تقوم معدات نزع الهواء البخارية (steam deaerators) بنشر المياه على شكل رذاذ أو غشاء رقيق جداً يدفع من خلالة البخار لطرد الغازات الذائبة مثل الأكسجين أو ثاني أكسيد الكربون. و يمكن بهذه الطريقة خفض محتوى الميه من الأكسجين إلى أدنى من ٠,٠٠٥ سم٣/لتر ، أي عند الحد الذي يسمح بالكشف عن محتوى الأكسجين في العينات بالوسائل الكيميائية.

و يعكس ارتفاع الأس الهيدروجيني للمياه كفاءة نظام نزع الغاز، حيث يؤدي التخلص من ثاني أكسيد الكربون الذائب إلى ارتفاع الأس الهيدروجيني للمياه.

جـ) ترسيب المعادن (Demineralization)

تعتمد أساليب نزع المعادن على تمرير المياه خلال مبادلات للأيونات الموجبة و السالبة. ففي عمليات التبادل الكاتيوني (cation exchange) تحل أيونات الهيدروجين محل كافة الأيونات الموجبة، أما في عمليات التبادل

الأنيوني(anion exchange) فيحل الهيدروكسيد محل كافة الأيونات السالبة. و ينتج بالتالي عن هذه العمليات مياه تتكون أساساً من أيونات الهيدروجين و أيونات الهيدروكسيد أي الماء .

وهناك طرق متعددة لترسيب المعادن. ففي عملية تمرير المياه على طبقة مبادلات مختلطة (mixed-bed process) يتم خلط مبادلات الأيونات الموجبة ومبادلات الأيونات السالبة في وحدة واحدة. أما في النظام متعدد الطبقات لنزع المعادن فيتم تمرير المياه خلال مجموعات متنوعة من مبادلات الأيونات الموجبة ومبادلات الأيونات السالبة الضعيفة و القوية و أنظمة نزع الغازات (degasifiers) .

٢-٤-٢ المعالجة الداخلية للمياه

تعتمد المعالجة الداخلية على التخلص من الشوائب الموجودة بالمياه في داخل الغلاية. و تتم المعالجة إما في خطوط مياه التغذية أو داخل الغلاية نفسها. و من الممكن الاعتماد فقط على المعالجة الداخلية للمياه كما يمكن الجمع بين المعالجة الداخلية و الخارجية. و يصمم نظام المعالجة الداخلية للمياه للتغلب على مشكلات عسر مياه التغذية و التحكم في التآكل والتخلص من الأكسجين الذائب و الحد من الجسيمات المحمولة مع تيار المياه . و من خلال هذا النظام يتم التخلص من العسر القلوي للمياه الخام و ترسيب الأملاح المسببة للعسر عن طريق التسخين. أما العسر المستديم فيتم ترسيبه في الغلاية عن طريق إضافة بعض القلويات مثل كربونات الصوديوم و الصودا الكاوية و فوسفاتات الصوديوم. و نظراً لارتفاع أسعار هذه المواد فإن استخدامها يقتصر على الحالات التي تكون فيها المياه الداخلة ذات نوعية رديئة. إلا أنه في نظم الغلايات التي تعمل عند مستويات ضغط جوي أعلى من ١٤ بار أو في حالات العسر المنخفض لمياه التغذية فإن استخدام هذه المواد يكون ضرورياً.

٢-٤-٣ تكييف (تلطيف) مياه تغذية الغلاية (conditioning of boiler feed (water

يتضمن تلطيف مياه تغذية الغلاية إضافة بعض المواد الكيميائية التي تضاعفت أعدادها و أنواعها خلال السنوات العشرين الماضية. و جدير بالذكر أن أي نظام لتلطيف المياه في نوع معين من الغلايات لا يمكن أن يشمل كافة المواد التي نعرضها كما يلي:

١) كربونات الصوديوم: تستخدم في الغلايات التي تعمل عند مستوى ضغط أقل من ١٤ بار لمنع تكون القشور و لزيادة قلوية مياه التغذية مما يحد من التآكل. و تتوفر بعض عمليات المعالجة الخارجية التي تستخدم فيها كربونات الصوديوم قدراً مناسباً من هذه المادة في مياه التعويض المعالجة.

٢) الصودا الكاوية: يمكن أن تحل محل كربونات الصوديوم في غلايات الضغط المنخفض لا ويمكن الاستغناء عنها إذا ما وفرت المعالجة الخارجية درجة مناسبة من يسر المياه.

٣) الفوسفاتات: تستخدم جميع أنواعها لمنع تكون القشور في الغلايات التي تعمل عند مستوى ضغط أعلى من ١٤ بار. وتعمل الفوسفاتات الزجاجية (glassy phosphates) على خفض ترسيب كربونات الكالسيوم في خطوط التغذية بالمياه الساخنة. و يمكن استخدام كل من الفوسفاتات الحمضية و الزجاجية للتخلص من الصودا الكاوية الزائدة الناتجة عن المعالجة الخارجية للمياه.

٤) المركبات الكلابية (chelating agents) : تستخدم كبديل للفوسفاتات لمنع تكون قشور الغلايات .

٥) مضادات الرغوة (Anti-foams) : تستخدم لمنع تكون الرغوة في الغلاية و عادة ما تتضمن المركبات الكيميائية التي يوزعها الموردون لدى تسليم الغلاية مواداً مضادة لتكوين الرغوة كما يمكن الحصول عليها في طلبات منفصلة من الموردين.

٦) الأمينات المعادلة (neutralizing amines) : تستخدم لمعادلة ثاني أكسيد الكربون في متكثفات البخار و في خطوط التغذية و بالتالي للحد من التآكل. و يعتبر استخدامها غير اقتصادي في أنظمة الغلايات التي تحتاج إلى كميات كبيرة من المياه التعويضية الغير معالجة. كما أنها لا تناسب تلك الأنظمة التي تتضمن تلامساً مباشراً بين البخار و المنتجات الغذائية أو المشروبات أو المنتجات الطبية .

٧) **كبريتيت الصوديوم (sodium sulfite) :** يستخدم للتخلص من الأكسجين الذائب في المياه و بالتالي للحد من التآكل. يتفاعل كبريتيت الصوديوم المركب (compounded sodium sulfite) بسرعة أكبر بـ ٢٠٠ إلى ٥٠٠ مرة من سرعة تفاعل كبريتيت الصوديوم الغير مركب (uncompounded sodium suflite) مما يتيح حماية أكبر لأنظمة التغذية القصيرة. يضاف كبريتيت الصوديوم للغلايات المملوءة بالمياه عندما تكون في حالة توقف عن العمل أو في حالة جاهزة للاستخدام (stand-by). كما يستخدم لتجنب حدوث التصدعات التي قد تنتج عن استخدام مواد كاوية في الغلايات المبرشمة.

٨) الهيدرازين (hydrazine) : يستخدم للتخلص من الأكسجين الذائب في المياه و بالتالي للحد من التآكل و يمتاز بأنه لا يزيد من نسبة المواد الصلبة الذائبة و يتفاعل الهيدرازين عند درجات حرارة أقل من ٢٤٥م° و لا يستخدم في الأنظمة التي تتضمن تلامساً مباشراً بين البخار و المواد الغذائية أو المشروبات.

٩) نترات الصوديوم : تستخدم أيضاً لتجنب التصدعات التي قد تحدث بسبب استخدام مواد كاوية.

١٠) مزيلات الحمأة (sludge mobilizers): تستخدم بعض المواد العضوية الطبيعية أو التخليقية لمنع التصاق الحمأة بالجسم المعدني للغلاية . غير أن بعض هذه المواد يستخدم عند درجات حرارة محددة لذلك ينبغي اتباع إرشادات الموزعين بدقة عند استخدام هذه المواد.

٢-٤-٤ التفوير (Blowdown)

يعتبر تفوير الغلاية جزءاً هاماً من نظام معالجة مياه الغلاية و يتطلب متابعة دقيقة ومستمرة لضمان التحكم الجيد. و يسمح تفوير الغلاية بالتخلص من الطين و الحمأة والشوائب الأخرى التي قد تترسب بالجزء السفلى من أسطوانة الغلاية. و فيما يلي عرضاً لأنظمة تفوير الغلايات و أساليب التحكم فيها. و ينبغي أولاً معرفة كيفية تقدير كمية مياه التفوير التي يمكن حسابها كنسبة من البخر وفق المعادلة التالية:

$$\% \text{ مياه التفوير} = \frac{B_f}{B_f - B_b} \times ١٠٠\%$$

حيث B_f = المواد الصلبة الكلية الذائبة في مياه التغذية (جزء في المليون أو مج/لتر)

B_b = الحد الأقصى للمواد الصلبة الكلية الذائبة المسموح به في مياه الغلاية (جزء في المليون أو مج/لتر)

مثال: المواصفات النمطية للغلايات الجاهزة (package boilers) قد تتضمن البيانات التالية:

B_b = ٣٠٠٠ جزء في المليون

B_f = ١٠٠ جزء في المليون

$$\text{و بالتالي: \% مياه التفوير} = \frac{١٠٠}{١٠٠ \text{ ù } ٣٠٠٠} \text{ X } \%١٠٠ = \%٣,٤٥$$

من كمية البخار المتولد.

التفوير المتقطع و التفوير المستمر:

يمكن تفوير الغلاية بشكل متقطع حيث يتم صرف مياه التفوير من قاع اسطوانة الغلاية للتخا f من الحمأة المترسبة. عادة ما يتم التفوير المتقطع بشكل يدوي مرة واحدة لكل دفعة مياه (drift) و على شكل نفخات أو ضخات متتالية (blasts) حادة و قصيرة. و يتم تقدير كمية مياه التفوير المنصرفة بمراقبة انخفاض مستوى الحمأة في المقياΣ الزجاجي على جسم الغلايةلا أو عن طريق تحديد زمن التفوير. و تتبع هذه الطريقة في الغلايات التقليدية ذات الغلاف الجداري (shell boilers).

كما يمكن تفوير الغلاية على شكل نزف مستمر (continuous bleed) من مصدر يقع بالقرب من المستوى الأسمى للمياه (nominal water level) . عند الغليان يرتفع تركيز المواد الصلبة عند سطO المياه لذلك فتن تفوير الجزء العلوي من الغلاية يسمO بخفض تركيز المواد الصلبة. و وفقاً للقياΣ الدوري (في مواعيد محددة) للمواد الصلبة الذائبة والكلية يمكن التحكم في فتO صمام النزف (bleed valve) لصرف الجزء العلوي من المياه بشكل مستمر. و يتم التحكم في فتO صمام النزف في مواعيد ثابتة بتشارات كهربية دورية مرتبطة بمواعيد محددة أو ببعض خصائ f مياه الغلاية مثل التوصيلية الكهربية (electrical conductivity). و تتوافر في الأسواق أنواع من الغلايات ذات التحكم الأوتوماتيكي في المواد الصلبة الذائبة الكلية.

وفي طرق التفوير الحديثة يتم الاعتماد على التفوير المتقطع للتخا f من المواد الصلبة العالقة التي تترسب في قاع الغلايةلا إلى جانب التفوير المستمر للتحكم في المواد الصلبة الذائبة الكلية . و ينبغي القيام بدورات التفوير المتقطع في فترات الأحمال البسيطة بحيث لا يسمO بتراكم الحمأة للحد الذي يعيق الانتقال الحراري مما يتدي إلى حدوث أضرار جسيمة بالغلاية.

التحكم في التفوير:

في الأنظمة البسيطة ذات التحكم اليدويلا يتم ضبط صمام التفوير يدوياً للتحكم في كمية مياه التفوير بحيث يمكن الاحتفاظ بتركيز المواد الصلبة الذائبة تحتات الحتاد الأقصتى المسموΘ بM والوارد بمواصفات الغلاية. و تستلزم هذه الطريقة أخذ عينات من المياه و

تحليلها بشكل مستمر و التحكم في عملية التفوير حتى الوصول بخصائ f مياه الغلايùة إلى المستوى المطلوب.

٢-٥ مولدات الديزل

تستخدم موتورات الديزل في مولدات الطاقة الثابتة و التي تستعمل في العديد من الوحدات مثل: الوحدات المركزيةÙ حقول البترولÙ خطوط النفطÙ وحدات معالجة مياه المجاريÙ المراكز التجاريةÙ المؤسساتÙ و القواعد العسكرية. كما تستخدم مولدات الديزل لتوفير طاقة إضافية في المنشآت الصناعية أو كمصدر جاهز للطاقة يستخدم في الحالات الطارئة التي قد يحدث فيها توقف بمصدر الطاقة الرئيسي. و في بعض الأحوال تستخدم مولدات الديزل إلى جانب وحدات توليد البخار لسد احتياجات المنشأة من الطاقة في أوقات الأحمال القصوى.

تتضمن وحدات توليد الطاقة من موتورات الديزل أيضاً المعدات التالية:

- *أنظمة دخول الهواء*. مرشحات دخولÙ مواسير Ù و كاتم صوت (شاكمان).
- *أنظمة الغازات العادمة*. مواسير Ù و كاتم صوت.
- *أنظمة وقود*. صهاريN تخزينÙ مضخاتÙ مصافيÙ فلاترÙ عداداتÙ مسùخنات للوقودÙ شبكة أنابيب.
- *أنظمة تبريد الموتور*. مضخاتÙ مبادلات حراريةÙ أبراج تبريدÙ برك التزريùر (spray ponds) Ù شبكة أنابيبÙ وحدات معالجة المياه.
- *أنظمة زيوت التزليق*. مضخاتÙ خزاناتÙ صمامات تنفيΣÙ فلاتùرÙ مبùرداتÙ منقيات (purifiers)Ù شبكة أنابيب.
- *أنظمة الإشعال و التشغيل*. بطاريةÙ موتور كهربيÙ موتùور و مكùبΣ هùواء ميكانيكيÙ توصيلات كهربيةÙ لوحة تحكم.
- *أنظمة كهربية*. مولداتÙ معدات تحويùل الحركùة (switchgear)Ù مثيùرات كهربية (exciters)Ù موصلات كهربيةÙ محولاتÙ مصادر طاقùة إضùافية و إضاءة.

٢-٥-١ أنظمة دخول الهواء

تستخدم لإدخال الهواء إلى سلندرات الموتور عبر مواسير و فلاتر للهواء تعمùل علùى منع تدفق الشوائب الصلبة المحمولة مع الهواء الداخل و التي قد تùؤدي إلùى إتùلاف

سلندرات الموتور و تتضمن أنواع الفلاتر: (١) الجاف (٢) حمام الزيت (٣) التلامس اللزج (viscous-impingement) (٤) فلاتر الترسيب الكهروستاتيكي (electrostatic precipitator filters) . و يجب ألا يتسبب تصميم نظام دخول الهواء و خاصة الفلاتر في حدوث انخفاض كبير في ضغط الهواء الداخل الذي قد يؤدي إلى تخفيض سعة الموتور وزيادة استهلاك الوقود.

و قد يحدث انخفاض في ضغط الهواء الداخل بسبب تراكم الأتربة على الفلاتر لذلك يجب تنظيف الفلاتر دورياً لمنع حدوث فقد في الضغط بسبب الإنسدادات . كما يجاب استخدام كاتم الصوت مع بعض الأنظمة لخفض الصوت الناتج عن تيارات الهواء الداخل السريعة.

٢-٥-٢ أنظمة خروج الغازات العادمة

تتولى هذه الأنظمة التخلص من الغازات العادمة إلى خارج المبنى حيث يتم إطلاقها في الجو. و ينبغي تصميم هذه الأنظمة بحيث لا يحدث انخفاض كبير في الضغط لتجنب حدوث انخفاض في سعة المحرك و كفاءته.

تحتاج جميع أنظمة خروج الغازات العادمة إلى كواتم للصوت (شكمانات) لخفض الضوضاء الناتجة عن تيار الغازات العادمة. و يتم تركيب المدخنة على قمة كاتم الصوت. ويمكن الاستفادة من الطاقة المصاحبة للغازات العادمة من خلال المبادلات الحرارية بين الغاز و الهواء أو المبادلات الحرارية بين الغاز و الماء أو في غلايات استرجاع الحرارة المهدورة (waste-heat boilers) لتوليد البخار. و تعمل كل هذه الوسائل أيضاً كأنظمة لكتم الصوت.

٢-٥-٣ أنظمة الوقود

تستخدم الصهاريج الرئيسية و التنكات الملحقة بالمواتير في تخزين الوقود. فتستقبل الصهاريج الرئيسية الوقود الوارد إلى المنشأة و تتواجد في مواقع خارج المنشأة لأغراض الأمن الصناعي ثم تتولى المضخات سحب الوقود من الصهاريج و توزيعها على تنكات الوقود الصغيرة في المنشأة. و تتيح السعات الضخمة لصهاريج التخزين الرئيسية تخزين كميات كبيرة من الوقود عند انخفاض أسعاره.

تقام صهاريج التخزين الرئيسية فوق صبات خرسانية فوق الأرض للتدعيم و تسمح فتحات الدخول بالقيام بأعمال الصيانة للعناصر التالية: خطوط التغذية. خطوط التهوية التي تسمح بالتخلص من الأبخرة. الوصلات التي تسمح بقياس محتويات الصهاريج.

خطوط تصريف الفائض و استرجاع للتحكم في سريان الوقود و خطوط السحب التي تتولى سحب الوقود من الصهاريج. و تزود الصهاريج بملفات يتم تسخينها بواسطة الكهرباء أو المياه الساخنة أو البخار الساخن لخفض لزوجة الوقود و بالتالي التحكم في الطاقة اللازمة للضخ.

يحتوي الوقود الخام الوارد إلى المنشأة على نسبة من الماء و أنواع مختلفة من الشوائب التي يتم التخلص منها بواسطة المرشحات. و تترسب كميات من الشوائب في قاع الصهاريج (خاصة في حالة الوقود الخفيف و عند درجات الحرارة المرتفعة). و بينما تتولى المرشحات تنقية الوقود من الشوائب الخفيفة لا ينبغي إزالة المترسبات الأثقل يدوياً من قاع الصهريج. يمكن استخدام قضيب العمق (dip-stick) و / أو المقياس الزجاجي الجانبي للصهريج لتقدير كمية الوقود تقريباً. و يجب مراعاة تصحيح قراءات العدادات الخاصة بقياس حجم الوقود وفقاً لدرجة الحرارة و ذلك لتحديد وزن الوقود المحترق.

٢-٥-٤ أنظمة تبريد الموتور

تتحرر الطاقة الحرارية من الموتور على شكل:

- قدرة عمود الإدارة (shaft power) و يتم توصيلها إلى الحمل (load) .
- الطاقة المصاحبة للغازات العادمة الساخنة .
- الحرارة المنتقلة إلى قميص مياه التبريد .

و يؤدي التخلص من الحرارة المنتقلة إلى قميص مياه التبريد إلى حماية بطانة السلندرات (قميص السلندر) رأس الأسطوانة و الجدران و المكبس و حلقات (الشنابر). و يتم تبريد الموتورات الصغيرة بواسطة الهواء أما الموتورات الكبيرة الثابتة فيتم تبريدها بواسطة تيار من المياه يمر في قميص تبريد السلندر. و يجب التحكم في درجة حرارة مياه التبريد حيث تؤدي الحرارة المنخفضة إلى عدم انتشار زيوت التزليق بشكل مناسب مما يعرض السلندر والمكبس للتلف. أما إذا ارتفعت درجة حرارة مياه التبريد فإن ذلك يؤدي إلى احتراق زيوت التزليق. و تصل درجة حرارة المياه الخارجة من المبرد (leaving temperature) في السلندرات الصغيرة حوالي ٨٠°م أما السلندرات الكبيرة فتصل فيها درجة الحرارة المغادرة إلى أقل من ذلك. يؤدي ثبات معدل سريان مياه التبريد و درجة حرارتها إلى ارتفاع درجة حرارة قميص التبريد عند حدوث زيادة في الأحمال.

يمكن استخدام مصادر المياه القريبة أو مصادر المياه العمومية لدورة واحدة فقط في قميص التبريد (دورة تبريد مفتوحة). إلا أن معظم المنشآت تستخدم إما أبراج التبريد أو

برك التزريز (spray ponds) أو مواد مبردة متبخرة (evaporative coolers) . و في حالة استخدام أبراج التبريد تتم معالجة المياه التعويضية إما بواسطة ميسرات الزيوليت أو الجير أو رماد صودا الجير (lime-soda-ash) وفقاً لنوع الشوائب بالمياه الخام.

٢-٥-٥ أنظمة زيوت التزليق

تعمل زيوت التزليق على:

- تزليق الأجزاء المتحركة
- التخلص من حرارة السلندرات و كراسي التحميل (bearings)
- تساعد حلقات المكبس (الشنابر) على منع الغازات من التسرب خارجاً .
- تخلص الموتور من الرايش الناتج عن احتكاك الأجزاء المتحركة.

ينبغي توخي الدقة في اختيار أنواع زيوت التزليق و تنقيتها بشكل دوري. تحتوي زيوت التزليق الآن على العديد من الإضافات تعمل على منع التأكسد الحد من تكون الرغاوى خفض درجة حرارة الإنصباب (pour-point depressant) ... كما تعمل بعض الإضافات على استعادة زيوت التزليق لخصائصها الأولية. إلا أن استخدام أنواع متعددة من زيوت التزليق ذات الإضافات المتنوعة قد يؤدي إلى حدوث بعض المشاكل. و بعد فترة من الاستخدام يصبح زيت التزليق ملوثاً بالأتربة و الرطوبة الجوية و الشوائب و الكربون و الرايش كما تتسبب الحرارة أكبر من ٥٠ م في تغير خصائصه الكيميائية. و من ناحية أخرى فإن استخدام زيوت التزليق لفترة أطول يؤدي إلى خفض التكاليف لذلك يلزم تنقية الزيوت بشكل دوري لضمان صلاحية استخدامها لفترات أطول.

٢-٥-٦ أنظمة بدء تشغيل المحرك (Engine starting system)

يتضمن نظام التشغيل :

- بدء التشغيل باستخدام (الهواء المضغوط) للموتورات الثابتة و المتحركة ذات السعة المتوسطة و الكبيرة.
- بدء التشغيل بواسطة الموتور الإضافي (المساعد) للوحدات المتحركة ذات السعة المتوسطة .
- بدء التشغيل الكهربي لموتورات البنزين و الديزل الصغيرة ذات السرعة العالية.

تعتمد أنظمة بدء التشغيل بالهواء على مجموعة من الصمامات التي تعمل على تزويد بعض سلندرات الموتور بهواء مضغوط (حوالي ١٤ بار) بحيث تؤدي إلى تحريك عمود الإدارة. ثم يتم ضخ الوقود إلى بقية السلندرات بحيث يبدأ تشغيل الموتور بقدرته الذاتية. ويتولى مكبس هوائي تزويد خزانات بدء التشغيل (starting tanks) بالهواء المضغوط.

٢-٥-٧ استرجاع الحرارة المهدرة

يمكن استخدام الطاقة الحرارية المصاحبة للغازات العادمة أو الموجودة في قميص المياه التبريدية في أغراض متعددة مثل تسخين الوقود أو الجو أو المياه أو توليد البخار.

و يتضمن نظام الاسترجاع:

- سريان التيارات الهوائية حول نظام خروج الغازات العادمة .
- استخدام المياه الساخنة من قميص الموتور.
- استخدام غلايات استرجاع الحرارة المهدرة في أنظمة كتم الصوت لتوليد البخار أو المياه الساخنة.

٢-٦ التوربينات الغازية

تتكون أنظمة التوربينات الغازية المستخدمة في الصناعة من توربين غازي متصل بواسطة موصل للحركة بضاغط هواء دوار (rotary air compressor) . و يقوم التوربين الغازي بتشغيل الضاغط بالإضافة لأي حمل آخر موصل به (مثل المولدات المراوح المضخات). أما في حالة استخدام التوربين الغازي في توليد الطاقة فيكون التوربين متصلاً بمولد كهربي. يدخل الهواء الجوي إلى الضاغط من فتحة الدخول فتقوم الريش المتحركة (moving blades) ال الموجودة على الدوار (rotor)ال بكبس الهواء بين الريش الثابتة فيرتفع ضغط الهواء و درجة حرارته. ثم ينتقل الهواء المضغوط إلى غرفة الاحتراق حيث يختلط جزء منه بالوقود و يحترق أما الجزء المتبقى فيتخلل قميص غرفة الاحتراق عبر فتحات و مواسير تمر في جدران غرفة الاحتراق حتى الطرف الأقصى ليختلط بنواتج الاحتراق التي تبلغ درجة حرارتها ١٦٠٠م و يعمل على تبريدها إلى الحد الذي لا يسبب إتلاف الصف الأول من ريش التوربين الثابتة. و تبلغ درجة حرارة الغازات الداخلة ٦٥٠ – ٨٥٠م. و ترتفع درجة حرارة الغاز المضغوط و

يتمدد مما يولد طاقة تعمل على تشغيل دوار التوربين (turbine rotor) . وتترك غازات العادم التوربين و درجة حرارتها تتراوح بين ٤٥٠ – ٥٥٠م .
تسلم وحدات التوربين الغازي الصناعية كوحدة كاملة سابقة التركيب و تحتاج فقط إلى توصيل مواسير دخول الهواء إلى الضاغط و توصل التغذية بالوقود و مواسير خروج غازات العادم.

٢-٦-١ معدات التحكم والأجهزة المساعدة

تحتاج التوربينات الغازية لمعدات مساعدة مثل: موتور بدء التشغيل، مضخة تزليق مساعدة تعمل بموتور، معدات التجهيز للتشغيل، نظام للتحكم في الوقود، مبردات و فلاتر للزيوت، كواتم صوت لفتحات دخول الهواء و خروج العادم، و لوحات تحكم.
يتم استهلاك حوالى ثلثي الطاقة الميكانيكية المتولدة من التوربين لتشغيل الضواغط و جزء صغير منها لتشغيل المعدات المساعدة مثل مضخة زيوت التزليق. لذلك فإن كفاءة التوربين الغازي في توليد الطاقة تعد أقل من مثيلاتها في وحدات التوليد بالبخار و مولدات الديزل. وهناك عوامل عديدة تؤثر في الكفاءة لعل أهمها هو درجة الحرارة القصوى، فكلما ارتفعت قيمة درجة الحرارة القصوى كلما زادت الكفاءة الحرارية . لذلك فإن نوعية المعادن المستخدمة في صناعة ريش التوربين قد تقف حائلاً أمام زيادة الكفاءة لمولدات الطاقة. غير أنه قد تم خلال الثلاثين عاماً الأخيرة إدخال تعديلات مختلفة على أنظمة التوربينات مثل تبريد أسطوانات التوربينات و الريش بواسطة جزء من الهواء الخارج من الضاغط وتطوير الخصائص الميكانيكية للمواد التي تصنع منها ريش التوربين.

٢-٦-٢ التوربين الغازي الاسترجاعي (regenerative gas turbine)

يمكن زيادة الكفاءة الحرارية للتوربين عن طريق استعادة جزء من الطاقة المصاحبة للغازات العادمة الناتجة عن عملية الاحتراق وإضافتها إلى الهواء المضغوط. و ينتج عن هذه العملية تسخين الهواء الداخل أولياً إلى درجة الحرارة المطلوبة عند فتحة الدخول، مما يوفر قدراً من الوقود الذي يستهلك لنفس الغرض. و تستخدم المبادلات حرارية على شكل مواسير في أنظمة التوربين الغازي الاسترجاعي.

٣-٦-٢ أنواع الوقود المستخدم في التوربين الغازي

الوقود المستخدم في التوربينات الغازية الصناعية هو الغاز الطبيعي أو غاز الفرن العالي (blast furnace gas) أو النفط المكرر أو وقود الأفران أو حتى النفط الثقيل. و عند استخدام الوقود الغازي ينبغي أن يصل ضغط الغاز إلى ١٠ بار لضمان ضخه بشكل مناسب إلى غرفة الاحتراق. عند نسبة ضغط تبلغ ٦ : ١ يكون ضغط غرفة الاحتراق حوالي ٦ بار لذلك يجب أن يكون ضغط الغاز أعلى من هذه القيمة للوصول إلى أفضل ظروف للاحتراق.

في حالة استخدام الوقود السائل يسحب الوقود من صهاريج التخزين الرئيسية و تنكات الوقود الموجودة داخل المنشأة بواسطة مضخات النقل و شبكة الأنابيب الموصلة و مضخات الحقن لحرق الوقود. و تحتفظ الصهاريج الرئيسية عادة بمخزون يكفي لأسبوعين. و تستطيع التوربينات الغازية استخدام الوقود السائل و الغازي (الحارق المزدوج للوقود) حيث يمكن ضخ الوقود في غرفة الاحتراق أثناء التشغيل فيحترق كلاهما خلال عملية تغيير نوع الوقود. وتحتوي مثل هذه التوربينات أنظمة منفصلة لنوعي الوقود غير أن الفونيا في غرفة الاحتراق تستطيع حرق كل منهما على حدى أو كليهما في نفس الوقت. و تستخدم فونيات التزرير الميكانيكية مع أنواع الوقود البترولي أما الوحدات التي تعمل لفترات طويلة فتعتمد على فونيات التزرير الهوائي (Air Atomizing).

يحتوي الوقود البترولي على الصوديوم و الفاناديوم (Vanadium) و الكالسيوم كجزء من المحتوى الرمادي للوقود. و يؤدي الصوديوم إلى تآكل المعادن الساخنة و إلى تراكم المواد المترسبة التي تعيق مرور الغاز عند ريش المراوح (blading) . كما يؤدي الفاناديوم إلى تآكل معدن ريش المراوح الساخن بمعدل سريع. و لضمان كفاءة احتراق الوقود البترولي يجب مراعاة المواصفات التالية:

- يجب أن يكون محتوى الرماد من الصوديوم أقل من ٣٠% من محتوى الرماد من الفاناديوم بحيث لا يتعدى الحد الأقصى للصوديوم ١٠ جزء في المليون و يفضل أن يصل هذا الحد إلى ٥ جزء في المليون و عند هذا الحد تكون نسبة الصوديوم إلى الفاناديوم غير حرجة.
- يجب أن يكون محتوى الرماد من الماغنسيوم أكبر ٣ مرات على الأقل من محتوى الرماد من الفاناديوم و لا تمثل هذه النسبة حداً حرجاً عندما يكون محتوى الرماد من الفاناديوم أقل من ٢ جزء في المليون.

- يجب ألا يتعدى محتوى الكالسيوم ١٠ جزء في المليون. و يمكن أن تصل هذه القيمة إلى ٢٠ جزء في المليون غير أن هذا قد يؤدي إلى حدوث انسدادات فلي فونية التوربين.
- يجب ألا يتعدى محتوى الرصا f ٥ جزء في المليون حيث أن الرصا f يعمل على إلغاء التأثير المثبط للماغنسيوم على الفاناديوم (inhibiting action) .

و بوجه عام تعمل الإضافات المناسبة التي ينصح بها الموردون على معالجة أنواع الوقود البترولي المستخدمة في التوربينات الغازية.

٣- مصادر التلوث المرتبطة بوحدات توليد الطاقة وقياس الانبعاثات

يخت f هذا الفصل بتحديد مصادر التلوث في وحدات توليد الطاقة المختلفة.

٣-١ وحدات توليد البخار

يعتبر خط الوقود و خط المياه هما مصادر التلوث الرئيسية في وحدات توليد البخار.

٣-١-١ خط الوقود

يوضO الشكل (٣-١) مخططاً لسريان دورة الوقود بدءاً من مراحل التخزين ثم التغذية و وصولاً إلى الاحتراق و خروج غازات العادم و مصادر التلوث المرتبطة بكل مرحلة منها.

أ) نقل و تداول و تخزين الوقود

تختلف مصادر التلوث المرتبطة بنقل و تداول و تخزين الوقود وفقاً لاختلاف أنواع الوقود.

الوقود السائل:

تقوم الشاحنات الثقيلة بنقل الوقود إلى المنشأة. و يشتري الوقود بكميات تقدر بالأطنان (الوقود الثقيلّ المازوت) أو بآلاف الليترات (الوقود الخفيف ّ السولار). و يتم تخزين الوقود السائل في خزانات تحت الأرض أو فوقهاّ و يطلق عليها الخزانات (الصهاريN) الرئيسية. ويتم بناء الخزانات الموجودة تحت الأرض إما من الخرسانة المبطنة بحيث تصبO معزولة تماماً أو من الصاب. أما الخزانات المقامة فوق الأرض فتبنى عادة من الصاب. و يزود كل نوع من هذه الصهاريN بأنظمة تهوية مناسبة للتخ f من الأبخرة.

تزود خزانات المازوت و شبكة توزيع الوقود و التنكات الموزعة بالمنشأة بأجهزة تسخين الوقود المناسبة و ذلك للتغلب على مشاكل التداول التي تنشأ بسبب درجة اللزوجة العالية التي يتصف بها المازوت خاصة في فصل الشتاء. و عادة ما يستخدم البخار الساخن أو السخانات الكهربية التي تلحق بخط الوقود في حالة عدم وجود مصدر لتوليد البخار.

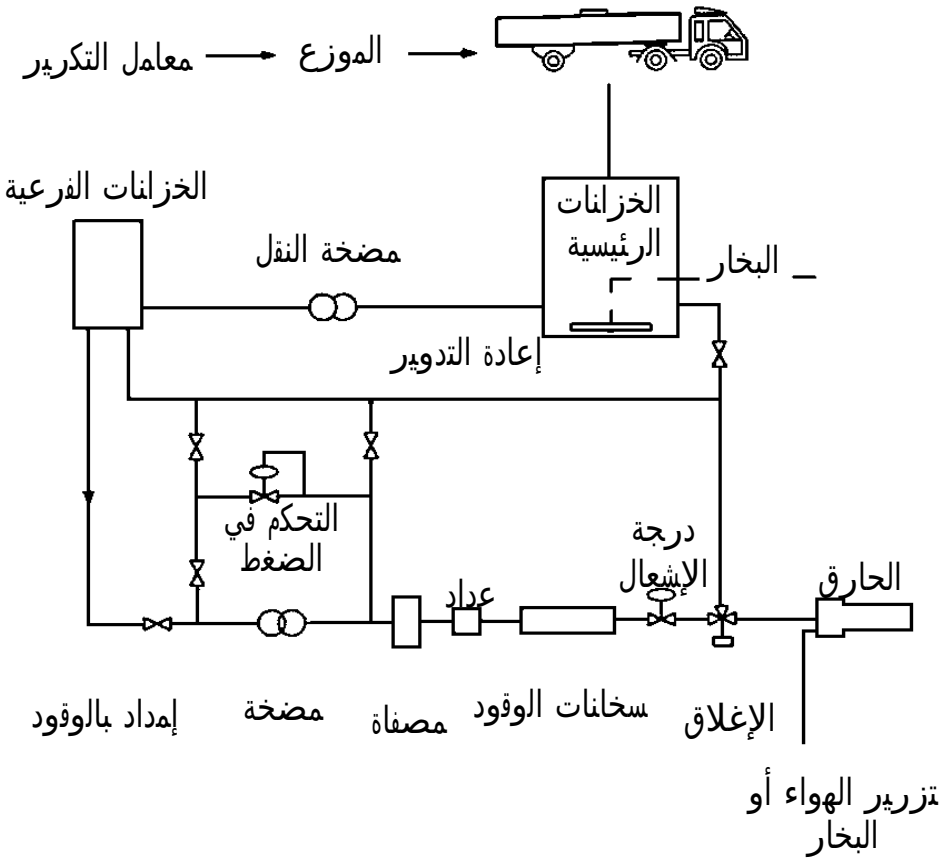
يتم تخزين الوقود في غرفة الغلاية في تنك علوي تسمح سعته بتخزين الوقود الكافي ليوم تشغيل كامل على الأقل. و يزود هذا التنك بمقياس زجاجي جانبي أو أية وسيلة أخرى تسمح بالتحقق من كمية الوقود المتبقية به. و في حالة تخزين المازوت تزود هذه التنكات أيضاً بمعدات التسخين الأولى. كما تزود التنكات بنظام يعتمد على العوامات (نظاماً للطفو) يعمل على إرسال إشارات ارتجاعية (feedback signals) إلى الخزانات الرئيسية لوقف ضخ الوقود عند امتلاء التنك أو لبدء ضخ الوقود عند وصول محتويات الخزان إلى مستوى منخفض معين.

يوضح الشكل (٣-٢) المراحل المختلفة لتداول و تخزين الوقود بالمنشأة

شكل (٣-١): مصادر التلوث المحتملة في وحدات توليد الطاقة

المدخلات	العملية	الهواء	المياه	المواد الصلبة
محطات البخار				
دورة الوقود				
الوقود	الخزانات	انبعاثات متسربة (مواد عضوية طيارة)	تسرب و انسكاب	
	غرفة الغلاية	مواد عضوية طيارة و ضوضاء	تسرب و انسكاب	رماد و جسيمات
	المدخنة	غازات عادم		
دورة المياه				
مياه التغذية	وحدة الضاغط	ضوضاء		الحمأة و حاويات المواد الكيميائية الفارغة
مخثرات (جير، شبة، كلوريد حديديك)	الترويق			
مياه الغسل العكسي	التيسير		مياه الغسل العكسي	حاويات المواد الكيميائية الفارغة
الغسل العكسي (كيماويات: أملاح، قلويات، أحماض ...)				
كيماويات التلطيف (conditioning) (مضادات الرغوى، مانعات التكتل، مواد مانعة للتعفن)	الغلاية	مواد عضوية طيارة، ضوضاء، حرارة و رطوبة	مياه التغوير	حاويات المواد الكيميائية الفارغة
	توزيع البخار	حرارة و رطوبة	حرارة و رطوبة	
موتورات الديزل				
دورة الوقود				
الوقود	الخزانات	انبعاثات متسربة (مواد عضوية طيارة)	تسرب و انسكاب	
	موتورات الديزل	مواد عضوية طيارة، ضوضاء، حرارة و رطوبة	تسرب و انسكاب و زيوت تزليق مستهلكة	رماد و جسيمات من الفلاتر و المرسبات الكهروستاتيكية
	المدخنة	غازات العادم		

دورة المياه				
مياه معالجة كيماويات التلطيف (conditioning)	أبراج التبريد		التفوير	حاويات المواد الكيميائية الفارغة
التوربينات الغازية				
الوقود زيوت تزليق	الخزانات التوربين الغازي المدخنة	انبعاثات متسربة (مواد عضوية طيارة) مواد عضوية طيارة، ضوضاء، حرارة ورطوبة غازات العادم	تسرب و انسكاب تسرب و انسكاب و زيوت تزليق مستهلكة	رماد و جسيمات من الفلاتر و المرسبات الكهروستاتيكية



شكل (٣-٢) عمليات تخزين وتداول الوقود البترولي

الغاز الطبيعي

يتم توزيع الغاز الطبيعي عبر شبكة الغاز العمومية حيث يصل الغاز إلى المنشأة عند مستوى ضغط ١٠ بار. لدى استلام الغاز يتم خفض مستوى الضغط إلى ٢ بار في وحدة تعديل الضغط قبل استخدامه. و تقع الوحدة في مكان بعيد و محمي بجدار المنشأة و تكون مزودة بكافة وسائل الأمن الصناعي ومعدات القياس مثل:

- أجهزة الكشف عن تسرب الغاز.
- العدادات التي تتولى قياس كميات الغاز المستهلكة بالمتر المكعب.
- مقياس الضغط.
- معدات التحكم في سريان الغاز المزودة بصمامات الإغلاق للضغط العالي والضغط الخفيض.

تتم تغذية المعدات بالوقود الغازي عند مستوى ضغط ٢ بار عبر شبكة خاصة بالمنشأة و في الحارق يتم خفض الضغط إلى ٣٠٠ مليبار أو إلى ٥٠٠ مليبار وفقاً لشروط تشغيل الحارق. و يتضمن الحارق نظاماً للغاز (gas train) يتكون من وسائل الأمن ومعدات التحكم و القياس السابق ذكرها.

ب) حرق الوقود

يتم خلال عملية الاحتراق إطلاق كمية كبيرة من الحرارة تصل إلى ٣٢٨٠٠ كيلو جول/كجم من مادة الكربون المحترقة و ١٤٢٠٠٠ كيلو جول/كجم من الهيدروجين المحترق. و يهدف الاحتراق الأمثل إلى إطلاق كل هذه الطاقة الحرارية مع تقليل الفاقد الذي قد ينتج عن عدم توافر الشروط المناسبة للاحتراق. و لضمان الاحتراق التام لمكونات الوقود في وجود الهواء يجب أن تراعى العناصر التالية عند تصميم نظام الاحتراق:

- توفير مستوى مناسب من الدفق الاضطرابي (turbulence level) يسمح باختلاط كافة مكونات الوقود بالهواء .
- توفير الزمن الكافي لإتمام عملية الاحتراق.
- توفير درجة حرارة عالية و مناسبة لإشعال كافة مكونات الوقود القابلة للاحتراق.

تمثل هذه العناصر الثلاث الشروط الفيزيائية لعملية الاحتراق. بالإضافة لهذه العناصر تعتبر نسبة الهواء إلى الوقود أثناء عملية الاحتراق عنصراً هاماً في تحديد كفاءة الاحتراق. لذلك ينبغي أن نشير هنا إلى أهمية المعلومات الكيميائية عن الاحتراق و

التي يوضحها الملحق (D-1) بينما يوضح الملحق (D-3) معدلات إطلاق الحرارة.

ج- انبعاثات المدخنة

توضح المعلومات الكيميائية عن احتراق الهيدروكربونات والواردة بالملحق (D-1) أن غازات العادم تحتوي أساساً على: ثاني أكسيد الكربون، الماء، النيتروجين و ثاني أكسيد الكبريت بالإضافة إلى الأكسجين الذي ينتج عن الهواء الزائد اللازم للاحتراق. كما تظهر أيضاً في غازات العادم آثار لأكاسيد النيتروجين NO_2, NO , N_2O و آثار ضئيلة للغازات العضوية مثل الألدهيدات (aldhydes) الناتجة عن احتراق بعض المواد العضوية التي قد تتواجد بالوقود و بخاصة الوقود الثقيل. و أهم الملوثات المنبعثة من المدخنة هي:

- ثاني أكسيد الكبريت (SO2)
- أكاسيد النيتروجين (Nox)
- ثاني أكسيد الكربون (CO2)
- الجسيمات
- المعادن الثقيلة
- مواد سامة أخرى تكون ملتصقة بالجسيمات المنبعثة.

تأخذ قياسات نواتج الاحتراق لأغراض متنوعة، حيث يتم قياس انبعاثات أول أكسيد الكربون و ثاني أكسيد الكبريت و أكاسيد النيتروجين و الجسيمات بغرض مراقبة الالتزام البيئي، بينما تأخذ قياسات انبعاثات الأكسجين و ثاني أكسيد الكربون و أول أكسيد الكربون لتقييم أداء الغلاية و ضبط عمليات التشغيل. و يوضح الملحق (D-2) كيفية حساب الأكسجين الزائد. و فيما يلي عرضاً للأجهزة المستخدمة لتقييم أداء الغلاية و قياس الانبعاثات الغازية من المدخنة.

مقياس بكاراك للاحتراق (Bacharach combustion tester)

يستخدم مقياس بكاراك (مؤشر فايرايت : Fyrite indicator) لقياس تركيز الأكسجين أو ثاني أكسيد الكربون وفقاً لنوع المادة الكيميائية الموجودة في جهاز القياس، حيث تستخدم مادة البيرجالول (pyrgallol) لقياس تركيز الأكسجين و محلول الصودا الكاوية لقياس تركيز ثاني أكسيد الكربون. و قد أثبتت هذه الأجهزة

كفاءتها في أخذ القياسات . و تتميز برخ f أسعارها إضافة إلى سهولة استخدامها و عدم احتياجها لإجراءات صيانة خاصة و قدرتها على القيام بعمليات القياس المستمر للغازين. إلا أن هذه الأجهزة لا تعطي قياسات دقيقة فتتراوح فيها نسبة الخطأ بين ± ٠,٥% .

الجهاز الإلكتروني للتحليل الكهروكيميائي للغازات
(Electronic electro-chemical gas analyzer)

تحتوي الأجهزة الإلكترونية لتحليل الغازات على خلايا كهروكيميائية تستطيع قياس الغازات المختلفة (خلية محددة لكل نوع من الغازات) حيث ينشأ فرق في الجهد بين قطبي الخلية (عند تعرضها للغاز) يتناسب مع تركيز الغاز و يترجم فرق الجهد إلى رقم يعبر عن تركيز الغاز على شاشة جهاز التحليل. و تبلغ قيمة مثل هذه الأجهزة الإلكترونية بضعة آلاف من الجنيهات وتحتاج إلى صيانة و مراجعة و معايرة مستمرة. إلا أنها أجهزة دقيقة (تتراوح نسبة الخطأ في قياس الأكسجين بين ± ٠,١%) و يمكن حملها من موقع لآخر و تستخدم في عمليات الرصد المستمر. و تستطيع أجهزة تحليل الغاز القيام بقياسات لسبع أنواع مختلفة من الغازات في آن واحد. و تتضمن القياسات حساب تقديري لثاني أكسيد الكربون و % الهواء الزائد و كفاءة الاحتراق كما تستطيع قياس درجة حرارة غازات العادم.

المجس (المسبار) الزركوني (Zirconia probe)

يعتمد هذا النوع من أجهزة القياس على قدرة أكسيد الزركونيوم (الزركونيا) على توصيل أيونات الأكسجين عند درجات حرارة أكبر من ٦٥٠°م. و يحفظ المجس عند درجة حرارة تصل إلى ٨٠٠°م تقريباً و يتكون من خليتة مسخنة ذات قطبين (electrodes) أحدهما محاط بغاز مرجعي (reference gas) (عادة الهواء) بينما يمر الغاز المراد تحليله على القطب الآخر. و ينشأ عن الفارق في محتوى الأكسجين عند القطبين فرق في الجهد يتم تحويله إلى ومضة إلكترونية.

رغم وجود معدات محمولة من أجهزة القياس الزركونية إلا أن معظم الأجهزة التي تعتمد على الخلايا الزركونية تكون كبيرة الحجم و ثقيلة نظراً لارتباط المجس بالسخانات و معدات التحكم اللازمة لحفظه عند درجة حرارة مرتفعة. لذلك فإن أنظمة القياس التي تعتمد على الخلايا الزركونية ترتبط بأجهزة تحليل الغاز التي يتم تركيبها

على مداخن الغلايات المتوسطة و الكبيرة و الأفران و الغلايات الجاهزة. تمتد فترة صلاحية المجس الزركوني في مداخن الغلايات التقليدية إلى خمس سنوات على الأقل.

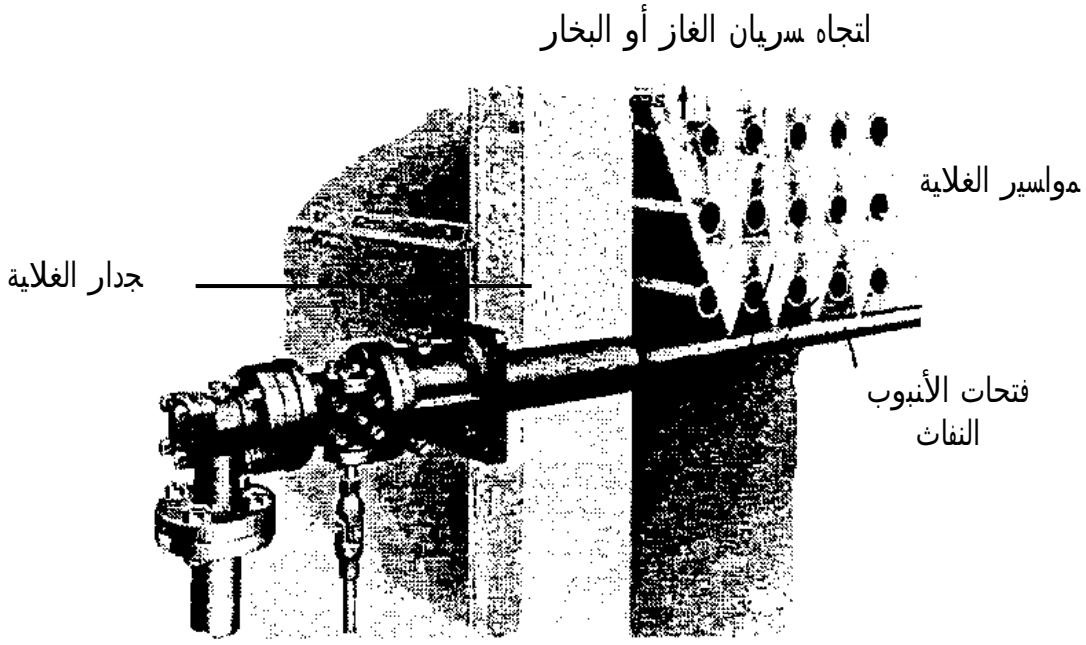
أجهزة تحليل الغاز العاملة بالأشعة تحت الحمراء (Infrared gas analyzers)

يعتمد هذا النوع من الأجهزة على امتصاص الغازات متنوعة الذرات (heteroatomic gases) للأشعة تحت الحمراء عند نطاقات طيفية محددة تختلف من غاز لآخر (الغازات متنوعة الذرات هي غازات تتكون من ذرات لعناصر مختلفة). وتتصف هذه التقنية في العديد من التطبيقات مثل قياس تركيز ثاني أكسيد الكربون. ويتكون الجهاز من مصدر إشعاعي يتم تسخينه ليصدر إشعاعات يتم تضمينها طورياً (modulated in phase) بواسطة قرص المثقب (يقطع الضوء الساقط على خلية chopper) . ثم تنفذ الأشعة المضمنة عبر الخلية التي تحتوى على العينة المراد قياسها قبل أن تصل إلى حجرة الكشاف (detector compartment) . أما في الجزء الخاص بالعينة المرجعية فتنفذ الأشعة المضمنة عبر خلية مرجعية تحتوي على النيتروجين إلى حجرة كشاف مطابقة تماماً لتلك الملحقة بخلية الغاز المجهول التركيز. وتغطي جميع الأجزاء بإحكام بواسطة زجاج منفذ للأشعة تحت الحمراء.

يفصل بين حجرات الكشاف مكثف غشائي (diaphragm capacitor)، و تحتوي كل حجرة على غازات مجهولة التركيز لذلك فهي تستطيع امتصاص الأشعة تحت الحمراء عند نطاقات طيفية محددة وفقاً لمكونات كل غاز. عند سريان عينة من الغاز في خلية العينات (sample cell) تتولى مكونات الغاز امتصاص جزء من الأشعة تحت الحمراء، لذلك فإن حجرة الكشاف المرتبطة بهذه الخلية ترتفع درجة حرارتها بدرجة تقل عن الارتفاع في درجة حرارة حجرة الكشاف المرتبطة بالخلية المرجعية و التي تتعرض لكامل شدة الإشعاع دون نقصان. فينشأ بناء على هذه الحالة فرق في درجات الحرارة بين حجرات الكشاف، و يتغير هذا الفرق وفقاً لتغير تركيزات مكونات الغاز و وفقاً لتضمين التردد (frequency modulation) . على أية حال فإن هذا الفرق في درجات الحرارة يتسبب في انثناء غشاء المكثاف الذي يترتب عليه حدوث تغير مضمن (modulated change) في سعة المكثاف (capacitance) يؤدي بدوره إلى تغير في تيار متردد من خلال مقاوم كهربي (resistor) .

ب) نفاثات السناج (Soot blowing)

لضمان المحافظة على أفضل أداء و أعلى كفاءة حرارية للغلاية يجب الحفاظ على أسطح التسخين نظيفة باستمرار، مما يستوجب الإزالة المستمرة للمواد التي تترسب على المواسير نتيجة احتراق الوقود. و يؤدي عدم إزالة تلك المترسبات إلى انخفاض معدل انتقال الحرارة من الغازات إلى أسطح التسخين و ارتفاع درجة حرارة الغاز . لذلك يتم تركيب نفاثات السناج في معظم الغلايات التي تستخدم الوقود الصلب و بعض الغلايات التي تستخدم الغاز و النفط في الإشعال (وفقاً لخصائص كل نوع) و كذلك في غلايات الحرارة المهدورة (waste heat boilers) و ذلك لضمان تنظيف أسطح التسخين أثناء تشغيل الغلاية. يوضح الشكل (٣-٣) نفاثات السناج الدوارة متعددة الفوهات (multi-nozzle rotary soot blowers) .



شكل (٣-٣): نفاثات السناج الدوارة متعددة الفوهات

تستخدم نفاثات السناج عادة في غلايات المواسير المائية التي تعمل لفترات طويلة مما يستوجب وجود نظام للتنظيف المستمر. أما في غلايات مواسير اللهب التي تعمل لفترات متقطعة فيتم التنظيف يدوياً في فترات توقف الغلاية بواسطة الفرش (brushes) و أنظمة تنظيف تعمل بالتفريغ لإزالة المترسبات السائبة. و هناك طريقة أخرى فعالة لإزالة المترسبات بإطلاق دفعات سريعة من الهواء المضغوط على كل ماسورة لهب بواسطة "حربة النقر" التي توجه يدوياً على كل ماسورة.

و قد أدخلت حديثاً طريقة مبتكرة للتخلص من المواد المترسبة على مواسير الغلاية تعتمد على إطلاق نبضات سريعة و قصيرة من الهواء المضغوط في فراغ الغلاية. و يمكن ضبط تردد تلك النبضات لتتناغم مع تردد فراغ الغلاية الطبيعي مما يؤدي إلى تضخيم الصوت. و يؤدي إطلاق نبضات منضغطة إيجابية و سلبية متعاقبة إلى تمدد الغازات التي قد تتواجد في المواد المسامية المترسبة على المواسير لتتسبب في تفتيتها. و يتزايد حالياً الإقبال على استخدام النفاثات الصوتية (sonic blowers) في غلايات مواسير اللهب و غلايات مواسير المياه بسبب كفاءتها في عمليات التنظيف.

٣-١-٢ خط المياه (water cycle)

يتضمن خط المياه أنظمة الإمداد بالمياه و أنظمة ضخ المياه و ترويق المياه و تيسيرها و توليد البخار و توزيعه. يوضح الشكل (٣-١) مخططاً لسريان دورة المياه و مصادر التلوث المرتبطة بها .

٣-٢ مولدات الديزل

ينبغي التفتيش على كل من دورة الوقود و دورة المياه في مولدات الديزل التي يتم تبريدها بالماء.

٣-٢-١ دورة الوقود

تتشابه دورة الوقود في مولدات الديزل مع دورة الوقود في الغلايات حيث تبدأ بتخزين الوقود و خطوط إمداد غرفة الاحتراق ثم احتراق الوقود وصولاً إلى انبعاث غازات العادم. و يحتوي وقود الديزل على نسبة كبريت أقل من المازوت. و ينبغي تحليل غازات العادم الصادرة عن المدخنة للكشف عن أول أكسيد الكربون و أكاسيد النيتروجين و أكاسيد الكبريت و المواد العضوية الطيارة و الجسيمات الصدرية. أما زيوت التزليق فتقع ضمن المواد الخطرة و ينبغي رصد أساليب تداولها و كيفية

التخل f من الزيوت المستعملة وفقاً للقانون ٤ لسنة ١٩٩٤م و يوضح الشكل (٣-١) مخططاً لسريان دورة الوقود و مصادر التلوث المرتبطة بها.

٣-٢-٢ دورة المياه

يتم تبريد موتورات الديزل بواسطة المياه إما في دورة استهلاك وحيدة (دائرة تبريد مفتوحة) (once-through) أو بتدوير مياه التبريد في أبراج التبريد لإعادة استخدامها. في الحالة الأولى تكون مياه التبريد المستهلكة ملوثة بالزيوت و ينبغي رصد درجة حرارتها. أما في حالة استخدام أبراج التبريد فإن نواتج تفوير البرج تمثل مصدر التلوث الرئيسي حيث تكون ذات تركيزات مرتفعة من المواد الصلبة الذائبة الكلية و تتم معالجة مياه التعويض لبرج التبريد لإزالة عسر المياه. و قد تم التعرض لمعايير الصرف السائل الناتج عن وحدات معالجة المياه في الجزء الخا f بغلايات البخار.

٣-٣ التوربينات الغازية

لا تحتاج التوربينات الغازية للتبريد و تتشابه خطوط إمدادها بالوقود بخطوط إمداد غلايات البخار بالوقود و تنشأ عنها نفس مشكلات التلوث . ينبغي مراجعة مستوى الضوضاء الناشئ عن تشغيل التوربينات دورياً.

٤- التأثيرات البيئية و الصحية للانبعاثات و الصرف السائل

٤-١ تأثير الانبعاثات الغازية

تنشأ الانبعاثات الغازية عن عملية حرق الوقود (الشكل ٣-١)، و تسرب البخار من شبكة توزيع البخار، و الأبخرة المتسربة من خزانات وشبكة توزيع الوقود

٤-١-١ انبعاث غازات العادم

تختلف مكونات الغازات المنبعثة إلي الجو تبعا لاختلاف أنواع الوقود المستخدم وسعة الغلاية وأنظمة تنقية الغاز المستخدمة . وفيما يلي عرضا لأهم الملوثات وتأثيراتها علي الصحة و البيئة .

الجسيمات (particulate matter)

تنشأ معظم الأضرار الصحية التي تتسبب فيها الجسيمات عن التعرض للجسيمات الأصغر من ٢,٥ ميكرومتر ($PM_{2.5}$) و ١٠ ميكرومتر (PM_{10}) . أما الأتربة فتكون أكبر من هذا الحجم و بالتالي لا تمتص بواسطة أنسجة الرئة على العكس من الجسيمات الأصغر حجماً . يتسبب امتصاص أنسجة الرئة للجسيمات الصغيرة في الإصابة بأنواع مختلفة من الأمراض مثل الأزمات الربوية و الالتهابات الشعبية. و تتضمن الجسيمات المنبعثة الرماد و السناج و المركبات العضوية الناشئة عن الاحتراق الغير تام للوقود. كما يمكن رصد المتكثفات الحمضية و الكبريتات والنترات و الرصاص و الكادميوم و العديد من المعادن الأخرى ضمن هذه الانبعاثات.

أكاسيد الكبريت

يمثل تلوث الهواء بأكاسيد الكبريت مشكلة بيئية خطيرة حيث تتسبب التركيزات المرتفعة منها في حدوث أضرار كبيرة بالحياة النباتية و الحيوانية و بمواد البناء. كما تمثل الترسيبات الحمضية الرطبة أو الجافة مشكلة إضافية، فذوبان أكاسيد الكبريت في قطرات المياه في الجو ينشأ عنه تكون حمض الكبريتيك الذي يترتب عليه تكون ظاهرة التحمض (acidification). إن ترسب الأحماض يتسبب في تآكل المعادن و الحجر

الجيري و مواد أخرى متعددة.

أكاسيد النيتروجين تتضمن أكاسيد النيتروجين ستة مركبات غازية: أكسيد النيتريك (NO) و فوق أكسيد النيتروجين (NO_2) و أكسيد النتروز (N_2O) و أكسيد النيتروجين الأحادي النصفي (nitrogen sesquioxide) (N_2O_3) و رابع أكسيد النيتروجين (N_2O_4) و خامس أكسيد النيتروجين (N_2O_5). و يعد أكسيد النيتريك (NO) و فوق أكسيد النيتروجين (NO_2) هما أهم أكاسيد النيتروجين الملوثة للهواء حيث ينبعثان بكميات كبيرة إلى الجو. يتميز فوق أكسيد النيتروجين بأنه أثقل من الهواء و سريع الذوبان في الماء ليكون حامض النتريك مع حامض النتروز (nitrous acid) أو أكسيد النتريك وفقاً للمعادلات الآتية:

$$2NO_2 + H_2O \longrightarrow HNO_3 + HNO_2$$ (حمض النتروز)

$$3NO_2 + H_2O \longrightarrow 2HNO_3 + NO$$ (أكسيد النتريك)

و يذوب كل من حمض النتريك و حمض النتروز في مياه الأمطار أو يتفاعلان مع الأمونيا (NH_3) الموجودة في الهواء الجوي لتتكون نترات الأمونيا (NH_4NO_3) . و في هذه الحالة يتحول فوق أكسيد النيتروجين (NO_2) إلى سماد للزراعة. ويلعب فوق أكسيد النيتروجين دوراً هاماً أيضاً في إنتاج ملوثات الهواء الثانوية (secondary air contaminants) مثل الأوزون (O_3) حيث يتميز فوق أكسيد النيتروجين بقدرة فائقة على امتصاص الطاقة في المجال الطيفي للأشعة فوق البنفسجية .

و ينبعث أكسيد النتريك بكميات أكبر إلى الهواء الجوي و يتكون أكسيد النتريك نتيجة تفاعل الأكسجين و النيتروجين في عمليات الاحتراق عند درجات الحرارة المرتفعة وفقاً للمعادلة الآتية:

$$N_2 + O_2 \longrightarrow 2NO$$

التأثيرات الصحية لأكاسيد النيتروجين

أكسيد النتريك هو غاز خامل نسبياً لا درجة سمية متوسطة و على الرغم من أن أكسيد النتريك يتحد بالهيموجلوبين في الدم

(مثل أول أكسيد الكربون) لينة f من قدرة الدم على حمل الأكسجين إلا أنه موجود بكميات ضئيلة في الهواء الجوي تقدر بأقل من ١,٢٢ مg/م^3 (جزء واحد في المليون) و لذلك فهو لا يمثل خطراً على الصحة . غير أن أكسيد النتريك يتأكسد تلقائياً إلى فوق أكسيد النيتروجين الذي يتميز بتأثيراته البيولوجية الشديدة إذ يتسبب في تهيج الحويصلات الهوائية في الرئة.

$$NO + \frac{1}{2} O_2 \longrightarrow NO_2$$

ثاني أكسيد الكربون يسهم ثاني أكسيد الكربون الناتج عن عمليات حرق الوقود الأحفوري (fossil fuel) لتوليد الكهرباء و الحرارة في تعاظم ظاهرة البيوت الزجاجية (green house effect) . و تنتج هذه الظاهرة عن تعاظم طبقة ثاني أكسيد الكربون التي تمنع تسرب الإشعاع الحراري من الأرض مما يؤدي إلى ظاهرة ارتفاع حرارة سطح الكرة الأرضية.

الدايوكسان و الفيوران (Dioxan, Furans) عند حرق المخلفات الصلبة تنبعث كميات ضئيلة من الدايوكسينات و الفيورانات (HCl , HF , PAH ... الخ) من المدخنة إلى الهواء الجوي و هي مركبات سامة و خطيرة على صحة الإنسان حتى في تركيزاتها المنخفضة .

٤-١-٢ تسرب البخار من شبكة توزيع البخار

الرطوبة تؤثر الرطوبة على الجهاز التنفسي للإنسان و خاصة لدى الأشخاص الذين يعانون من أزمات ربوية . و ينظم القانون ٤ لسنة ١٩٩٤ مستوى الرطوبة في بيئة العمل.

٤-١-٣ الانبعاثات المتسربة من خطوط الوقود

الأبخرة المتسربة من خزانات الوقود و الانسكابات من شبكة توزيع الوقود هي مواد هيدروكربونية متسربة ضارة بالصحة و مسببة للسرطان. أما في المناطق التي تمر بها مواسير الغاز الطبيعي فيجب مراعاة عدم وجود أية أنشطة قد تؤدي إلى

تشاوب الحرائقلا و يجب الحفاظ على الأجهزة التي تعمل تحت ضغط مرتفاع فاي حالة سليمة.

٤-٢ تأثير الصرف السائل

تنشأ عن وحدات توليد الطاقة أنواع مختلفة من الصرف السائل.

٤-٢-١ مياه التفوير والغسل العكسي

تتميز مياه تفوير الغلاية باحتوائها على تركيزات مرتفعة من المواد الصلبة الذائبة الكلية و تكون ملوثة بالمواد الكيميائية المستخدمة للحد من التآكل و التي تتضمن مواداً خطرة مثل الهيدرازين.

كذلك تتميز مياه تفوير أبراج التبريد بتركيزات مرتفعة من المواد الصلبة الذائبة الكليةلا كما قد تحتوي على مواد كيميائية خطرة مستخدمة للحد من التآكال و مواد مضادة للتعفن.

أما مياه الغسل العكسي للميسرات فتتميز بتركيزات مرتفعة من المواد الصلبة الذائبة الكلية و تكون ملوثة بالمواد الكيميائية المستخدمة في تيسير الميااه مثال كلوريد الصوديوملا الأحماض ... الخ .

و فيما يلي عرضاً لأهم الملوثات في الصرف السائل و أهم تأثيراتها:

المواد الصلبة الذائبة الكلية تتسبب المواد الصلبة في زيادة معدل تآكل المعادن فاي شابكة الصرف الصناعيلا كما تاثر سلباً علاى الإنتاج الزراعاي إذا استخدمت في الرياّ وعند تركيزات أعلى تاثر سلباً على الأسماك و الحياة المائية. بالإضافة إلى ذلك تتأثر نوعية مياه الشرب سالباً بسبب المواد الصلبة الذائبة.

النيتروجين و الفوسفور تتسبب التركيزات المرتفعة في زيادة نمو الطحالب و الأعشاب البحريااة ممااا يااادي إلااى أجااون المسااطحات المائيااة (eutrophication) نتيجة لاستنفاذ الأكسجين فيها.

الزيـــوت و الشحوم للزيوت و الشحوم تاثار مدمرة على نوعية المياه و الحياة المائية.

٤-٢-٢ زيوت التزليق المستهلكة

تعتبر زيوت التزليق المستهلكة من المواد الخطرة و ينبغي التخل f منها وفقاً لمتواد القانون ٤ لسنة ١٩٩٤.

٤-٣ تأثير المخلفات الصلبة

تتضمن المخلفات الصلبة الناتجة عن وحدات توليد الطاقة:

- الحمأة المستخدمة في عملية ترويق المياه (clarifier sludge)
- حاويات المواد الكيميائية
- الجسيمات التي يتتم فصلها عتن غتازات العتادم بواسطة المرسبات الكهروستاتيكية و أكياΣ الترشيO (bag filters) .

لا تعتبر الحمأة المستخدمة في ترويق المياه من المواد الخطرة حيث أنها تتكون أساساً من هيدروكسيد الماغنسيوم و كربونات الكالسيوم بالإضافة لآثار من بعض الكيماويات الغير عضوية. أما حاويات المواد الكيميائية فتعتبر من المخلفات الخطتارة و ينبغتي تداولها و التخل f منها وفقاً لمواد القانون ٤ لسنة ١٩٩٤ .

٤-٤ تأثير الT وT

تتولد الضوضاء بالقرب من النفاثات و المكتابΣ و بستبب غتازات العتادم متن المحركات. إن التعرض المستمر للضوضاء يتدي إلى ارتفاع ضغط الدم و قد يتدثر على الجهاز العصبيآ كما تتثر الضوضاء على درجة الانتباه و التركيز وقد يتدي التعرض لفترات طويلة للضوضاء إلى فقدان السمع.

٥- القوانين و اللوائح الخاصة بالانبعاثات و الصرف السائل لوحدات توليد الطاقة في مصر:

تتولي ثلاث جهات مختلفة تنظيم العمل بوحدات توليد البخار والتفتيش عليها بالإضافة إلى جهاز شئون البيئة المصري. و تختf هذه الجهات بإجراءات التشغيل الآمن للغلايات وتتحدد إجراءات الصيانة وفقاً لتقارير التفتيش الصناعي.

هذه الجهات هي:

- هيئة الرقابة الصناعية (وزارة الصناعة) التي تتولى مراقبة التزام المنشآت باتباع القواعد و القوانين و اللوائح الخاصة بتشغيل الغلايات و أوعية الضغط وإجراءات لأمن الصناعي و شروط التشغيل الآمن و خاصة ضغط التشغيل. و ينبغي أن تلتزم المنشأة بتوجيهات المفتشين في هذا الصدد.
- يمكن لشركات التأمين القيام بإجراءات التفتيش الدوري المطلوبة إذا ما فوضت بسلطة القانون و يعمل المفتشون المفوضون على رصد التزام المنشآت بكافة القوانين و اللوائح التنفيذية كما يمكنهم التوصية بإدخال بعض التغييرات التي تطيل عمر الغلاية أو وعاء الضغط.
- تقوم بعض الشركات بتوظيف مفتشين يتولون التفتيش على أوعية الضغط في غير فترات التشغيل و ذلك بناء على اتفاق مسبق بين الشركة المنتجة للغلاية و المنشأة المستخدمة لها.

٥-١ الانبعاثات الغازية

تعتمد الغلايات في تشغيلها على أنظمة مختلفة لحرق الوقود و تنطبق عليها اللوائح التنفيذية للقانون ٤ لسنة ١٩٩٤ المادة (٤٢) التي تحدد الحدود القصوى للملوثات في الانبعاثات الناتجة عن حرق أنواع الوقود المختلفة.

- يحظر استخدام المازوت والمنتجات البترولية الثقيلة الأخرى والبترول الخام بالمناطق السكنية.
- ألا تزيد نسبة الكبريت بالوقود المستعمل بالمناطق الحضرية وبالقرب من المناطق السكنية عن ١,٥%.

- يمكن الحد من الإنبعاثات الغازية الناتجة عن الاحتراق عن طريق ضبط نسبة الهواء إلى الوقود وتصميم غرف الاحتراق بشكل يسمح بحدوث الاحتراق التام للوقود والتوزيع المتساوي للحرارة.
- المداخن التي ينبعث منها غاز ثاني أكسيد الكبريت ينبغي أن تصل إلى ارتفاعات مناسبة بحيث يتم تخفيف قبل وصوله إلى سطح الأرض.
- تقام وحدات توليد الطاقة والمصانع التي تستخدم أنواع الوقود التي تحتوي على تركيزات مرتفعة من الكبريت في مناطق تبعد مسافات كافية عن المناطق الحضرية وتراعى عند إنشائها الظروف المناخية في المنطقة (اتجاه الرياح الأمطار...) بحيث لا تصل الإنبعاثات الغازية إلى المناطق السكنية والمأهولة والمناطق الزراعية ومواردالمياه الرئيسية.
- المداخن التي يصدر عنها انبعاث إجمالي للعادم بين ٧٠٠٠ و ١٥٠٠٠ كجم في الساعة يتراوح ارتفاعها بين ١٨ و ٣٦ متراً.
- المداخن التي يصدر عنها انبعاث إجمالي أكبر من ١٥٠٠٠ كجم/ الساعة يجب أن يكون ارتفاعها أكثر من مرتين و نصف ارتفاع المباني المحيطة بها بما فيها المبنى الذي تخدمه المدخنة.

وقد أدخلت مؤخراً تعديلات على بعض هذه المواد بغرض تأكيدها و دعمها وفقاً للقرار الوزاري رقم ٢٠٠٢/٤٩٥ فيما يخ f الحدود المسموح بها لغاز أول أكسيد الكربون و ثاني أكسيد الكبريت و الجسيمات بالإضافة للحدود القائمة لأكاسيد النيتروجين. يوضح الجدول (٥-١) الحدود القصوى للملوثات المسموح بها في الانبعاثات الناتجة عن حرق الوقود فى الغلايات.

جدول (٥-١): الحدود القصوى للانبعاثات الناتجة عن تشغيل الغلايات

الملوثات	الحدود القصوى للملوثات الغازية المسموح بانبعاثها من مدخنة الغلاية	
	الوحدة	الحدود
أول أكسيد الكربون	مجم/م٣	٢٥٠
ثاني أكسيد الكبريت	مجم/م٣	٣٤٠٠
أكاسيد النيتروجين	مجم/م٣	٣٠٠
الجسيمات	مجم/م٣	٥٠

٢-٥ الصرف السائل

يتكون الصرف السائل الناتج عن وحدات توليد البخار من:

- مياه الغسل العكسي الناتجة عن غسيل الميسيرات و التي تحتوي على تركيزات مرتفعة من المواد الصلبة الذائبة الكلية و قد تكون مياه الصرف ملوثة بالمواد الكيميائية المستخدمة في عملية الغسل العكسي.
- مياه تفوير الغلايات و التي تحتوي على تركيزات مرتفعة من المواد الصلبة الذائبة الكلية و قد تكون ملوثة بالمواد المانعة للتآكل. بالإضافة لذلك فإن مياه الصرف قد تحتوي على مواد صلبة عالقة أو تكون ملوثة بزيوت التزليق. يوضح الجدول (٥-٢) الحدود القصوى للملوثات في الصرف السائل بالنسبة للمسطحات المائية المستقبلة المختلفة.

الجدول (٥-٢): حدود الملوثات في الصرف السائل

المتغير (مجم/لتر ما لم يذكر غير ذلك)	القانون ٤ لسنة ١٩٩٤: الصرف على البيئة الساحلية	القانون ٩٣ لسنة ١٩٦٢ الصرف على شبكة الصرف العمومية (وفقاً للقرار ٤٤ لسنة ٢٠٠٠)	القانون ٤٨ لسنة ١٩٨٢ الصرف على:			
			الخزانات الجوفية والرياحات والترع	المجرى الرئيسي لنهر النيل	المصارف العمومية	المصارف الصناعية
الأس الهيدروجيني	٦-٩	٦-٩,٥	٦-٩	٦-٩	٦-٩	٦-٩
درجة الحرارة (م)	أعلى من درجة حرارة المسطح المائي المستقبل بعشر درجات	<٤٣	٣٥	٣٥	٣٥	٣٥
المواد الصلبة العالقة الكلية	٦٠	<٨٠٠	٣٠	٣٠	٥٠	٥٠
المواد الصلبة الذائبة الكلية	٢٠٠٠	؟؟؟	٨٠٠	١٢٠٠	٢٠٠٠	٢٠٠٠
زيوت و شحوم	١٥	١٠٠	٥	٥	١٠	١٠

٥-٣ المخلفات الصلبة

هناك عدداً من القوانين التي تتعرض لإدارة المخلفات الصلبة و تداولها. و تنحصر المخلفات الصلبة الناتجة عن وحدات توليد البخار في الحمأة المترسبة فى وحدات تنقية المياه و حاويات المواد الكيميائية الفارغة و تتوقف خطورة تلك الحاويات على نوعية المواد الكيميائية.

- ينظم القانون ٣٨ لسنة ١٩٦٧ الخا f بالنظافة العامة إجراءات جمع المخلفات من المنازل و الأماكن العامة و المنشآت التجارية و الصناعية و إجراءات التخا f منها.
- ينظم قرار وزارة الإسكان و المرافق و المجتمعات العمرانية رقم ١٣٤ لسنة ١٩٦٨ الإجراءات الخاصة بجمع المخلفات الصلبة و القمامة من المناطق السكانية والصناعية و يتضمن القرار توجيهات خاصة بإجراءات الجمع و النقل و إجراءات تحويل المخلفات الصلبة إلى سماد طبيعي أو التخا f النهائي منها عن طريق الحرق و الدفن.
- القانون ٣١ لسنة ١٩٧٦ المعدل للقانون ٣٨ لسنة ١٩٦٧
- تعتبر المجالΣ المحلية (مجلΣ المدينة) مسئولة عن الأنشطة المختلفة المتعلقة بالبنية التحتية وفقاً للقانون ٤٣ لسنة ١٩٧٩.
- ينظم القانون ٤ لسنة ١٩٩٤ إجراءات حرق المخلفات الصلبة.

٥-٤ بيئة العمل

تمثل الانبعاثات الهيدروكربونية و غازات العادم المتسربة داخل المنشأة مخالفة للوائO الخاصة بالأمان في بيئة العمل. و هناك مجموعة من القوانين تعمل على الحد من التلوث داخل بيئة العمل:

- في غرفة الغلاية: تحدد المادة ٤٣ من القانون ٤ لسنة ١٩٩٤ و المادة ٤٥ من اللوائO التنفيذية و الملحق (٨) ل الحدود المسموθ بها من الانبعاثات الغازية في بيئة العمل (أنظر جدول ٥-٣).
- في المواقع التي تتم بها عمليات لتسخين: تحدد المادة ٤٤ من القانون ٤ لسنة ١٩٩٤ و المادة ٤٦ من اللوائO التنفيذية و الملحق (٩) ل الحدود القصوى لدرجات الحرارة و الرطوبة في بيئة العمل .

- تحدد المادة ٤٢ من القانون ٤ لسنة ١٩٩٤ و المادة ٤٤ من اللوائح التنفيذية و الجدول رقم (١) ملحق (٧) الحدود القصوى لمستوى الضوضاء في بيئة العمل. توضح الجداول (٥-٤) و (٥-٥) الحدود القصوى للضوضاء المسموح بها في بيئة العمل.

جدول (٥-٣): حدود التعرض للملوثات المسموح بها كمتوسط زمني و لفترات زمنية قصيرة

المادة	الحدود العتبية			
	متوسط زمني		الحدود القصوى للتعرض لفترات زمنية قصيرة	
	جزء في المليون	مج/م٣	جزء في المليون	مج/م٣
ثاني أكسيد الكربون	٥٠٠٠	٩٠٠٠	١٥٠٠٠	٢٧٠٠٠
أول أكسيد الكربون	٥٠	٥٥	٤٠٠	٤٤٠
ثاني أكسيد الكبريت	٢	٥	٥	١٠

جدول (٥-٤): حدود الصوت القصوى المسموح بها في بيئة العمل (القانون ٤ لسنة ١٩٩٤)

رقم	نوعية بيئة العمل	الحدود القصوى للصوت (ديسيبل)
١	فترة العمل ٨ ساعات الهدف هو الحد من مخاطر الضوضاء على حاسة السمع	٩٠ ديسيبل
٢	تحتاج بيئة العمل إلى الإنصات إلى إشارات صوتية و قدرات جيدة على السمع	٨٠ ديسيبل
٣	أماكن العمل حيث تتم إجراءات المتابعة و التحكم و القياس للعمليات ذات الأداء الرفيع	٦٥ ديسيبل
٤	حجرات الكمبيوتر و الآلات الكاتبة و الأجهزة المشابهة	٧٠ ديسيبل
٥	الأماكن التي يتطلب فيها العمل الروتيني قدراً كبيراً من التركيز	٦٠ ديسيبل

جدول (٥-٥): شدة مستوى الصوت بالنسبة لفترة التعرض

شدة مستوى الصوت (ديسيبل)	٩٥	١٠٠	١٠٥	١١٠	١١٥
فترة التعرض (ساعة)	٤	٢	١	٢/١	٤/١

٦- أساليب وتقنيات الحد من التلوث

٦-١ أساليب و تقنيات الحد من تلوث الهواء

يمكن الحد من الانبعاثات من خلال ما يلى.

٦-١-١ ضبط الغلايات (Boilers tune-up)

إن كفاءة احتراق الوقود تؤدي إلى تعاظم توليد البخار و بالتالي خفضاً واضحاً في الإنفاق. و يؤدي تغير نوع الوقود و أداء المعدات إلى إدخال تعديلات مستمرة في عملية الاحتراق للحفاظ على أعلى مستوى للأداء. إن ارتفاع نسبة الهواء الزائد في غرفة الاحتراق يؤدي إلى فقدان قدراً كبيراً من الحرارة عبر المدخنة ، بينما يؤدي انخفاض نسبة الهواء الزائد إلى حدوث احتراق غير تام يرتفع بسببه تركيز أول أكسيد الكربون في غازات العادم. لذلك فإن رصد تركيز أول أكسيد الكربون في غازات العادم يعطي مؤشراً جيداً لحدوث الاحتراق الغير تام. و القياسات المستمرة لأول أكسيد الكربون و الأكسجين توفر المعلومات الضرورية للعاملين بالمنشأة عن أفضل نسب الهواء اللازمة للاحتراق.

يؤدي اختلال نسبة الوقود إلى الهواء إلى انطفاء اللهب (flame out condition) وبالتالي فقدان قدر أكبر من مصدر الإشعال. و تمثل هذه الحالة خطراً كبيراً على المنشأة قد يؤدي إلى انفجارها. لذلك فإن الرصد السليم يعطي إنذاراً مبكراً عن الاشتعال الغير تام بحيث يمكن تجنب المشاكل المترتبة على ذلك في الوقت المناسب.

٦-١-٢ استخدام حوارق أكاسيد النيتروجين المنخفضة ($Low\ NO_x$ Burners)

يمثل هذا النوع من الحوارق تطوراً حديثاً في أنظمة تصميم الحوارق، حيث يكمن التطور في مراحل خلط الهواء بالوقود مما يؤدي إلى انخفاض تركيز أكاسيد النيتروجين في غازات العادم.

٦-١-٣ بدائل الوقود

يمثل الغاز الطبيعي بديلا للوقود السائل. و يستهلك الغاز الطبيعي قدراً أقل من الهواء الزائد أثناء الاحتراق و بالتالي يزيد من كفاءة الغلاية. كما تقل فرصة تكون أول أكسيد الكربون و أكاسيد النيتروجين. إن احتراق الغاز الطبيعي مع نسبة هواء زائد

تصل إلى ١٠% أو مع تركيز أكسجين يصل إلى ٢-٣% يمنع تكون النتروجين و الجسيمات في المدخنة.

٦-١-٤ الحد من انبعاث أكاسيد الكبريت

هناك العديد من الخيارات ذات الكفاءات المتفاوتة للسيطرة على انبعاث أكاسيد الكبريت. يؤدي الحقن بمادة ماصة قبل المرسبات الكهروستاتيكية إلى إزالة ٣٠-٧٠% من أكاسيد الكبريت أما الحقن بعد المرسبات الكهروستاتيكية بمادة ماصة فيؤدي إلى إزالة ٧٠-٩٠% من أكاسيد الكبريت بضعف التكلفة. و يمكن أيضاً استخدام أجهزة غسل الغاز الرطبة (wet gas scrubbers) غير أن هذه التقنية تؤدي إلى ظهور شكل آخر من أشكال التلوث (مياه الصرف الحمأة) إلا إذا تم استخدامها ضمن نظام متكامل للتحكم في الملوثات.

٦-١-٥ الحد من انبعاث الجسيمات

تستخدم السيكلونات (المدومات = cyclones) في إزالة الجسيمات من تيار غازات العادم كما تستخدم المرشحات الجرابية (bag filters) و المرسبات الكهروستاتيكية (electrostatic precipitators) عند مخرج المدخنة. و تعتبر السيكلونات أدوات فعالة في عمليات التنظيف الأولية حيث تصل كفاءتها في إزالة الجسيمات إلى أقل من ٩٠% بالنسبة لكافة أحجام الجسيمات و اقل بالنسبة للجسيمات (PM_{10}) (الجسيمات التي حجمها ١٠ ميكرون فأقل). أما المرشحات الجرابية فتصل كفاءتها في إزالة الجسيمات إلى ٩٩,٩% لكافة الجسيمات بمختلف أحجامها. كما تصل كفاءة المرسبات الكهروستاتيكية إلى ٩٩,٩% أو أكثر بالنسبة للجسيمات من كافة الأحجام.

٦-٢ أساليب وتقنيات الحد من تلوث المياه

٦-٢-١ بدائل المواد الخطرة

ينبغي استبدال المواد الكيميائية الخطرة المستخدمة في معالجة المياه (مثل الهيدرازين المستعمل في تلطيف مياه التغذية (water conditioning) و الأمينات و كبريتيتات الصوديوم (المستعملة في نزع الأكسجين من المياه) بمواد أخرى صديقة للبيئة. إن وجود آثار هذه المواد يمثل خطراً في الأنظمة التي تعتمد في التسخين على البخار الحي.

٦-٣ الإنتاج الأنظف (cleaner production)

هناك إجراءات متعددة للوصول إلى الإنتاج الأنظف أهمها.

٦-٣-١ إجراءات تشغيل و صيانة غلايات التسخين و الغلايات الصغيرة.

من أهم الأسس التي يعتمد عليها الإنتاج النظيف هو إلمام و استيعاب العاملين لبعض الإجراءات الأساسية التي تمت الإشارة إليها خاصة في الأنظمة التي تعتمد على التشغيل اليدوي. و قد زاد الاحتياج لتدريب العاملين بوحدات توليد البخار نتيجة لاستخدام الأجهزة الدليلية (diagnostic equipment) و لإدخال التعديلات الصارمة على اللوائح البيئية.

و فيما يلي عرضاً لأهم الإجراءات الخاصة بغلايات التسخين و الغلايات الصغيرة أي التي تؤدي للوصول إلى الإنتاج النظيف:

- يجب الرصد المستمر لمنسوب المياه و العمل على بقائه ثابتاً.
- عند رصد انخفاض في منسوب المياه يجب على المسئول اتخاذ الإجراءات المناسبة لتجنب المخاطر التي قد تنشأ عن هذا الوضع.
- يجب إجراء اختبار الإيقاف عند انخفاض منسوب المياه (low water cutoff) مرة واحدة في الوردية للتأكد من سلامة إجراءات التشغيل و يتضمن هذا الاختبار تفوير حجرة العوامة (float chamber) أو غرفة المجس (sensor) و ذلك لتفادي حدوث إعاقة بسبب المواد المترسبة.
- يجب الحفاظ على محابس القياس (gauge cocks) نظيفة و جافة و ينبغي اختبارها مرة واحدة في كل وردية لضمان عدم وجود أية إعاقة في الخط الواصل بينهم و بين عمود الماء و دليل منسوب المياه (water column, water glass) و للتأكد من منسوب المياه الحقيقي.
- يجب إجراء اختبارات لصمامات الأمان مرة واحدة على الأقل أسبوعياً و ذلك برفع الصمامات برفق عن موضعها فإذا لم تتحرك الصمامات فإن ذلك يعني تراكم الصدأ و ترسب بعض المواد مما يعيق حركتها و هذا يتطلب اتخاذ إجراءات تصحيحية فوراً إذ لا ينبغي تشغيل الغلايات عند حدوث أعطال في صمامات الأمان.
- يجب الحفاظ على نظافة الحوارق (burners) و التأكد من عدم وجود وقود متسرب بينما يتم التأكد من توجيه اللهب بحيث لا يؤثر على الحوائط الجانبية

و الجدار أو المواسير. و يجب كذلك التأكد من سلامة مراقبات اللهب (Flame detectors or safeguards) في كل وردية للتأكد من صلاحيتها و ذلك لتجنب حدوث انفجار الفرن.

- يجب التأكد من خلو الغلاية من أية قشور مترسبة أو أوحال متراكمة أو ترسيبات زيتية لتجنب التسخين الزائد للأسطح المنبعجة الذي يؤدي إلى حدوث تشققات خطيرة أو انفجار الغلاية.
- يجب الحفاظ على محيط الغلاية نظيفاً و خالياً و لا يسمح بتراكم النواتج والمواد التي لم تحترق إذ يؤدي ذلك إلى إعاقة عمليات التحكم و التشغيل و قد يؤدي إلى حدوث تآكل في أجزاء من جسم الغلاية.
- يجب إجراء الإصلاحات المناسبة فوراً عند حدوث أية تسربات إذ يشير ذلك إلى خلل في نظام الغلاية يترتب عليه زيادة معدلات التآكل في مكونات الغلاية و يفضي إلى إيقافها عن العمل.
- يجب تجنب الإسراع في إيقاف الغلاية عن العمل عن طريق التفاوير تحت ضغط مرتفع مثلاً إذ يؤدي ذلك إلى استهلاك حرارة الغلاية في تحميل الأوحال و القشور على الأسطح الداخلية. و ينبغي ترك الغلاية تبرد ببطء ثم يتم صرف المياه و غسل الأجزاء العليا و السفلى من الداخل غسلاً جيداً.
- يجب الحفاظ على خانق تيار السحب (damper) في حالة جيدة لتلافي تراكم الوقود الغير محترق داخل غرفة الاحتراق أو الفرن و الذي قد يؤدي إلى انفجار في المنطقة المعرضة للهب (fireside).
- يجب فحص فتحات الدخول (manholes) و فتحات الأيدي (handholes) في الغلايات المتوقفة عن العمل أياً كانت فترة التوقف و غسل الأسطح الداخلية للغلاية جيداً لإزالة القشور المتراكمة و أية ملوثات أخرى و يجب الحفاظ على الغلاية جافة تماماً من الداخل.
- يجب القيام بأعمال طرد وكسح الغازات (purging) قبل الإشعال أو قبل إعادة تشغيل الغلاية لإزالة أية آثار للوقود المتبقي عند مدخل الفرن لتلافي انفجار المنطقة المعرضة للهب. و قد صممت الحوارق الحديثة بحيث تعمل تلقائياً على التخلص من الوقود المتبقي من الإشعال السابق قبل أية عملية إشعال جديدة.
- عند القيام بالتفتيش على الغلاية ينبغي وفقاً لمواد القانون تهيئة كافة فتحات الدخول للسماح للمفتشين بالقيام بالإجراءات التفتيشية و هذا يتضمن رفع

غطاء فتحات الدخول و فتحات الأيدي و تبريد الغلاية ببطء و تنظيف الغلاية خارجياً و كافة مكوناتها داخلياً. يجب إحكام كافة الصمامات لمنع تقسية أو تحمي f المواد المترسبة داخل الغلاية المتوقفة عن العمل بواسطة البخار أو المياه.

٦-٣-٢ إجراءات تشغيل و صيانة الغلايات مواسير اللهب

في هذا النوع من الغلايات يتعرض جدار الغلاية مباشرة للهب لذلك فإن التفتيش الداخلي يجب أن يولي اهتماما خاصاً بأية ترسبات للقشور أو انبعاجات أو نتوءات على سطح الغلاية الداخلي و خاصة في المناطق التالية:

التفتيش الداخلي على المنطقة الموجودة أعلى الأنابيب:

- التفتيش على أية آثار للتآكل أو التنقير (pittings)
- التفتيش عن أية تشققات في دعامات وأعصاب تثبيت الجزء العلوي و الغلاف و اللحامات والبراشيم (rivets) و المواسير . فحص f خطوط اللحامات للكشف عن أية تصدعات أو براشيم مكسورة أو ثقوب أو ترقق في الألواح الجدار عند خط المياه.
- فحص f الدعامات للتأكد من سلامتها و احتفاظها بقوة الشد المناسبة.
- فحص f مواسير التغذية الداخلية للتأكد من سلامتها و من عدم وجود أية انبعاجات بها.
- فحص f فتحات توصيل عامود المياه و صمامات الأمان و مقياس الضغط للتأكد من عدم وجود أية عوائق على تدريج المقياس.
- الكشف عن تراكم القشور على أسطح جدار الغلاية أو على المواسير.
- القيام بنفس إجراءات التفتيش على المناطق الواقعة أسفل المواسير.
- فحص f فتحات التوصيل لمخرج مياه التغوير السفلية و التأكد من ميل قطاع الغلاية في اتجاه مخارج التغوير السفلى و أنه خال من أية انبعاجات أو نتوءات.

التفتيش الخارجي

- فحص f نهايات المواسير و البراشيم و اللحامات للتأكد من عدم وجود تصدعات بها وللتأكد من عدم وجود ضعف في الألواح الموصلة بين المواسير.

- التفتيش عن التشققات و الصدوع عند خطوط اللحامات الخارجية و عن وجود تسربات حول خطوط الجلفنة.
- فحـ f الدعامات و التأكد من سلامة التثبيت.

٦-٣-٣ أجـ■زة و معدات التحكم في 3لايات البخار

فيما يلي عرضا لأهم أجهزة التحكم و معدات القياΣ في غلايات البخار:

- يعد مقياΣ ضغط البخار من أهم التجهيΩزات الخاصΩة بغلايΩات البخΩار. ويتضمن المقياΣ تدريجاً يبدأ من ١ كجم/سم٣ و يصل إلى الحد الأقصى من الضغط الذي يسمΩ بـ■ نوع الغلاية. ينبغي ألا يقل قطر مواسΩير التوصΩيل للغلاية عن ٤/١ بوصةΩ أما إذا استخدمت مواسير مΩن الصΩلب أو الحديΩد المطاوع (wrought iron) فينبغي ألا يقل قطرها عن ٢/١ بوصة.
- جميع أنواع غلايات تسخين البخار مزودة بمقيΩاΣ ميΩاه زجΩاجي متصΩل بالغلاية بواسطة صمام لا يقل قطره عن ٢/١ بوصةΩ ويكون المقياΣ مزوداً بفتحة صرف لا يقل قطرها عن ٤/١ بوصة و يجب أن يكون الجزء الأسΩفل من المقياΣ الزجاجي أعلى من حد المياه الأدنى المسموΘ بـ■ ببوصة واحΩدة على الأقل وفقاً لإرشادات الشركات المنتجة للغلايات.
- تزود غلايات الإشعال الأوتوماتيكي بمفتاحين للتحكم في الضغط:
  - يعمل أحدهما على إيقاف ضΩ■ الوقود عند الوصول إلى مستوى ضغط التشغيل المطلوب (مفتΩاΘ إيقΩاف ضΩغط التشΩغيل operating- pressure cutout) .
  - و يعمل الثاني على إيقاف ضΩ■ الوقود في حالة فشل المفتاΘ الأول و يكون مضبوطاً عند مستوى ضغط لا يزيد عن ٠,٥ بار (مفتاΘ الحΩد الأقصى upper-limit control) .
- تزود غلايات تسخين البخار ذات الإشعال الأوتوماتيكي بمفتاΘ لإيقاف ضΩ■ الوقود يتم تركيبΩ■ بحيث يوقف ضΩ■ الوقود عند وصول مستوى الميΩاه فΩي مقياΣ الماء الزجاجي إلى الحد الأدنى المرئي (low-water fuel cutoff).
- جميع غلايات تسخين البخار مزودة بصمام ارتداد نابض لΩ■مΩان (spring-loaded pop valve) و قد تكون مزودة بأكثر من صمام واحد. و يتم ضبط صمام الأمان بحيث يسمΩ بالتنفيΣ عند وصول مستوى الضغط إلى حد أقΩل من الحد الأقصى المسموΘ بـ■ في مواصفات الغلاية. و ينبغي ألا يقل الصمام

عن ٢/١ بوصة و لا يزيد عن ٤,٥ بوصة . كما ينبغي أن تكون سعة الصمام أكبر من معدل تفريغ الغلاية (كجم/ساعة)، بحيث لا يمكن أن يتجاوز مستوى الضغط، في حالة الإشعال القصوى، الحد الأقصى المسموح به ٠,٢ بار .

- يجب أن تتضمن جميع دوائر التحكم الكهربية في غلايات تسخين البخار ذات الاشعال الأوتوماتيكي توصيلات تفريغ أرضية موجبة، و أن يتضمن نظام التوصيلات و المعدات كابل توصيل أرضي متعادل.
- جميع غلايات تسخين البخار ذات الإشعال الأوتوماتيكي تكون مزودة بمفاتيح أمان وقائية للهب (flame safeguard safety controls) .
- إن استخدام غلاية واحدة لتسخين البخار عند مستوى الضغط المنخفض لا يتطلب تركيب صمامات لإيقاف على خط التزويد بالبخار في حالة وجود نظام يسمح باسترجاع كل المتكثفات إلى داخل الغلاية. أما إذا تضمن خط استرجاع المتكثفات صماماً لإيقاف أو مصيدة للبخار فإن ذلك يستوجب تركيب صماماً لإيقاف على خط تزويد الغلاية بالبخار. و في حالة استخدام خط التزويد بالبخار لإمداد عدداً من غلايات التسخين فإن ذلك يستوجب تركيب صمامات إيقاف على خط التزويد و على خطوط استرجاع المتكثفات في الغلايات.

٦-٣-٤ أجهزة التحكم و معدات أنظمة المياه الساخنة

هناك العديد من المعدات الوقائية التي ينبغي تركيبها على غلايات تسخين المياه وفقاً لمواصفات الكود (ASME) لغلايات التسخين، أهمها:

- جميع غلايات المياه الساخنة مزودة بمقياس مدرج للضغط، و يعادل الحد الأقصى للتدريج مرة و نصف على الأقل أو ثلاث مرات على الأكثر مستوى الضغط الذي يعمل عنده صمام التنفيس (relief valve) .
- جميع غلايات المياه الساخنة مزودة بمقياس مدرج للحرارة موجود بمكان ظاهر وبحيث يسمح بقياس درجة حرارة المياه في الغلاية عند (أو بالقرب من) مخرج المياه المسخنة. ينبغي رصد درجات الحرارة و مستوى الضغط في وقت واحد .
- جميع غلايات المياه الساخنة ذات الإشعال الأوتوماتيكي مزودة بمفتاح للتحكم في درجة الحرارة.

- يعمل أحدهما على إيقاف ضخ الوقود عند وصول المياه إلى درجة حرارة التشغيل المطلوبة (مفتاح حد التشغيل operating limit control) .
- و يعمل المفتاح الثاني على إيقاف ضخ الوقود عند وصول المياه إلى درجة حرارة أعلى من درجة حرارة التشغيل المطلوبة و يتم ضبطه بحيث لا تتعدى درجة حرارة المياه ١٢٠°م عند مخرج المياه الساخنة.

- تزود غلايات المياه الساخنة ذات الإشعال الأوتوماتيكي بمفتاح لإيقاف ضخ الوقود عند وصول منسوب المياه إلى حد أدنى من حد الأمان الوارد بمواصفات الغلاية.
- جميع دوائر التحكم الكهربية في غلايات المياه الساخنة ذات الإشعال الأوتوماتيكي تتضمن توصيلات تفريغ أرضية موجبة و يتضمن نظام التوصيلات و المعدات كابل توصيل أرضي متعادل (كما هو الحال بالنسبة لغلايات البخار) .
- جميع غلايات المياه الساخنة مزودة بصمام تنفيس نابضي يتم ضبطه بحيث يسمح بالتنفيس عند وصول مستوى الضغط إلى حد أقل أو يساوي الحد الأقصى المسموح به في مواصفات الغلاية. و يتراوح حجم الصمام بين ٤/٣ و ٤,٥ بوصة. و ينبغي أن تكون سعة الصمام أكبر من معدل تفريغ الغلاية كما هو وارد بالمواصفات. ويجب ألا يتخطى مستوى الضغط الحد الأقصى المسموح به في حالة التشغيل القصوى بأكثر من ١٠% .
- جميع غلايات المياه الساخنة ذات الإشعال الأوتوماتيكي مزودة بمفتاحين أمان وقائية للهب تعمل على إيقاف ضخ الوقود في حالة وجود لهب غير مناسب في الحارق (أو احتراق غير سليم). و تتضمن مفتاحين الاختبار التجريبي (pilot proving) ومفتاحين اختبار اللهب الرئيسي بالإضافة إلى دورات التنظيف قبل و بعد الإشعال.
- لتجنب المخاطر التي قد تترتب على الاعتماد الكامل على التحكم الأوتوماتيكي ولتشغيل الغلاية بشكل آمن ينبغي القيام بالكشف الدوري على:
  - حالة الملامسات الكهربية (electric contacts).
  - التوصيلات الكهربية.
  - توصيلات عمود المياه.
  - انسداد محولات الضغط بالمياه الجانبية.

- مفاتيح إيقاف ضخ الوقود عند منسوب المياه الأدنى.
- تراكم السناج في الأنابيب.
- عمل صمامات السولينويد (صمام يعمل بملف لولبي) في خط إيقاف ضخ الوقود.
- عمل أجهزة التحكم عند حدوث حالة انطفاء للهب مع استمرار تدفق الوقود.
- توقيت أجهزة الاشتعال.
- عمل صمامات الأمان.

٧- الإعداد للتفتيش على الموقع

فيما يلي عرضاً للأنشطة والمهام التي تسبق الزيارة التفتيشية على الموقع كما حددها دليل التفتيش العام (GIM EPAP 2002) :

- جمع المعلومات عن المنشأة المزمع التفتيش عليها.
- إعداد خطة التفتيش .
- إعداد قوائم المراجع .

٧-١ جمع ومراجعة المعلومات

يجب على فريق التفتيش مراجعة المعلومات الموضحة بالفصول ٣ و ٤ ثم تحديد أنواع الغلايات في المنشأة و سعاتها و أنواع الوقود المستخدمة و معدلات الاستهلاك. بالإضافة إلى ذلك يجب الاهتمام بالنقاط التالية:

- تحديد الأسطح المائية المستقبلة لمياه الصرف الصناعي و مراجعة مواد القانون المصري ذات الصلة .
- تحديد مجال التفتيش (تفتيش عن الالتزام أو جزء من مهام التفتيش على المنشأة ككل) و الأنشطة التفتيشية وفقاً لنوع و أهداف التفتيش و متطلبات إدارة التفتيش .
- تحديد مخاطر التلوث المحتملة و بالتالي تحديد أجهزة و معدات القياس و التحاليل المناسبة .
- تحديد مواصفات محطات توليد البخار و انعكاساتها على عملية التفتيش.

٧-٢ إعداد خطة التفتيش

يجب أن يراعى خلال إعداد خطة التفتيش ما يلي:

- يجب على فريق التفتيش في بدء الزيارة التفتيشية مراجعة السجل البيئي للمنشأة للكشف عن مدى استيفائها و ذلك بالاستعانة بقائمة المراجعة الواردة بالملحق (g) من دليل التفتيش العام (GIM EPAP 2002) .
- يجب التحقق من دقة البيانات الواردة بالسجل البيئي (عند التشكك فيها) و الاحتفاظ بصورة منها.

٣-٧ إعداد قوائم المراجعة

يورد الملحق (١) من هذا الدليل قوائم المراجعة الخاصة بالتفتيش على محطات توليد الطاقة. و يتم إعداد قوائم المراجعة وفقاً للخطوات التالية:

- يتم إعداد مخططاً لتسلسل العمليات في محطات توليد البخار موضحاً بها مصادر التلوث المحتملة (كما هو موضح بالجدول) .
- يتم تحديد المواضع التي يحتمل أن يحدث بها تجاوزات للالتزام البيئي و المتغيرات التي ينبغي مراجعتها. مثل رصد مستوى الضوضاء بالقرب من المكاتب. و رصد درجات الحرارة و الرطوبة في مواضع تسرب البخار.
- يجب تحديد المظاهر التي ينبغي ملاحظتها و التي تنم عن عدم الالتزام البيئي. ويجب الوصول إلى كافة المعلومات الممكنة عن الملوثات سواء عن طريق التقدير أو توجيه الأسئلة للعاملين.

٨- التفتيش على الموقع

٨-١ بدء الزيارة التفتيشية

يصف دليل التفتيش العام (GIM EPAP 2002) إجراءات دخول فريق التفتيش للمنشأة الصناعية، سواء كانت الزيارة للتفتيش على محطة توليد البخار ضمن إجراءات التفتيش على المنشأة ككل، أو للتفتيش بناء على وجود شكاوي أو وقوع حوادث. إن الانطباع الأول عن سلوك فريق التفتيش لدى إدارة المنشأة له تأثير كبير على استجابة العاملين بالمنشأة لمتطلبات التفتيش و تعاونهم مع الفريق.

٨-٢ أثناء الزيارة التفتيشية

يعتمد جمع المعلومات أثناء زيارة المنشأة على اللقاءات مع العاملين و على الملاحظات التي يشاهدها المفتشون. و يقدم الملحق (H) من الدليل التفتيش العام (GIM (EPAP 2002 أفكاراً و أساليب فعالة للاستخدام أثناء تلك اللقاءات.

٨-٢-١ التفتيش على محطات توليد البخار

خط الوقود

- راجع ارتفاع المدخنة بالنسبة للمباني المحيطة.
- راجع نوع الوقود المستخدم، في حالة استخدام المازوت يجب تحديد نوعية البيئة المحيطة.
- راجع الالتزام باللوائح الخاصة بتخزين الوقود و إجراءات منع الانسكاب.
- يجب رصد أية انبعاثات متسربة من صهاريج التخزين السطحية أو تسربات من الخزانات الموجودة تحت الأرض.
- يجب رصد كفاءة الاحتراق (نسبة الوقود/الهواء).
- راجع جدول الصيانة الدورية للغلايات و تاريخ آخر موعد للصيانة.
- يجب رصد وجود أية مظاهر لعدم الأمان (مثل التآكل).
- راجع السجل البيئي لمعرفة شدة قياسات الضوضاء و الحرارة حول الغلاية.
- راجع إجراءات عزل الغلاية و خطوط البخار.

- يجب رصد لون غازات العادم المنبعثة من المدخنة.
- يجب إجراء تحليل لغازات العادم في حالة استخدام المازوت أو في حالة التشكك في البيانات التي تقدمت بها إدارة المنشأة خلال الاجتماع الذي تم في بدء الزيارة

خط المياه

- تترسب الحمأة الغير عضوية عند استخدام كيماويات و مخثرات مثل الجير والشبة و كبريتات الحديديك . راجع كمية الحمأة المترسبة و كيفية التخلص منها.
- يجب رصد و قياس مستوى الضوضاء عند محطة ضخ مياه التغذية.
- تحتوى مياه الصرف على تركيزات مرتفعة من المواد الصلبة الذائبة في حالة استخدام وحدات التبادل الأيوني و التناضح العكسي (reverse osmosis) .
- راجع استخدام حمض الكبريتيك و الصودا الكاوية لإعادة تنشيط وحدات التبادل الأيوني و دون ملاحظاتك عن إجراءات الأمان المتبعة في التخزين والتداول و الاستخدام .
- راجع استخدام المواد الكيميائية في المعالجة الداخلية للمياه.
- في حالة استخدام مواد كيميائية خطرة في المعالجة الداخلية للمياه (مثل الهيدرازين كبريتيت الصوديوم الأمينات ...) يجب مراجعة إجراءات الأمان المتبعة في التخزين و التداول و الاستعمال.
- في حالة استخدام مواد كيميائية خطرة في المعالجة الداخلية للمياه يجب مراجعة استخدام البخار في عمليات التسخين المباشر للمنتجات (في حالة المنتجات الغذائية أو الطبية ...).
- تحتوي مياه تغوير الغلايات على تركيزات مرتفعة من المواد الصلبة الذائبة الكلية.
- يجب رصد وجود عمليات تدوير متكاثف البخار.

٨-٢-٢ التفتيش على مولدات الديزل

خط الوقود

- راجع ارتفاع المدخنة بالنسبة للمباني المحيطة.
- راجع الالتزام باللوائح الخاصة بتخزين الوقود و إجراءات منع الانسكاب.
- يجب رصد أية انبعاثات متسربة من صهاريج التخزين السطحية.
- تأكد من وجود صبة خرسانية أسفل صهاريج التخزين لتدعيمها.
- راجع كفاءة الاحتراق (نسبة الوقود/الهواء)
- راجع جدول الصيانة الدورية لموتور الديزل و تاريخ مواعيد الصيانة.
- يجب رصد وجود أية مظاهر لعدم الأمان (مثل التآكل).
- يجب رصد لون غازات العادم المنبعثة من المدخنة.
- يجب إجراء تحليل لغازات العادم و خاصة في حالة التشكك في البيانات التي تقدمت بها إدارة المنشأة خلال الاجتماع الذي تم في بدء الزيارة.
- راجع قياسات الضوضاء عند أنظمة دخول الهواء.

خط المياه

- راجع كمية مياه التبريد.
- راجع خصائص مياه التبريد المستهلكة في نظام دورة استهلاك واحدة (once through) مع التركيز على درجة الحرارة و تواجد الزيوت والشحوم.
- في حالة تدوير مياه التبريد في أبراج التبريد، يجب رصد الكيماويات المضافة و كمية مياه التغوير.

٨-٢-٣ التفتيش على التوربينات الغازية

خط الوقود

- راجع ارتفاع المدخنة بالنسبة للمباني المحيطة.
- راجع نوع الوقود المستخدم ، في حالة استخدام المازوت يجب تحديد نوعية البيئة المحيطة.
- راجع الالتزام باللوائح الخاصة بتخزين الوقود و إجراءات منع

الانسكاب.

- يجب رصد أية انبعاثات متسربة من صهاريج التخزين السطحية أو تسربات من الخزانات الموجودة تحت الأرض.
- راجع كفاءة الاحتراق (نسبة الوقود/الهواء)
- راجع جدول الصيانة الدورية لمحطة التوربينات الغازية و تاريخ آخر موعد للصيانة.
- يجب رصد وجود أية مظاهر لعدم الأمان (مثل التآكل بسبب احتواء الوقود على الصوديوم أو الفاناديوم).
- راجع السجل البيئي للكشف عن قياسات مستوى الضوضاء في محيط محطة التوربين الغازي.
- يجب رصد لون غازات العادم المنبعثة من المدخنة.
- يجب إجراء تحليل لغازات العادم في حالة استخدام المازوت أو في حالة التشكك في البيانات التي تقدمت بها إدارة المنشأة خلال الاجتماع الذي تم في بدء الزيارة.

٣-٨ ختام الزيارة التفتيشية

في حالة رصد للمخالفات يتم إعداد تقرير عن الزيارة الميدانية يتضمن المعلومات الخاصة بمكان و موعد أخذ العينات الدالة عليها. كما ينبغي أن يتضمن التقرير أية مخالفات بخصوص بيئة العمل و مكان و موعد إجراء القياسات الدالة عليها. أما المخالفات التي شاهدها فريق التفتيش مثل تراكم المخلفات الصلبة، المواد الخطرة، تداول و تخزين المخلفات، والانسكابات فينبغي تصويرها و توثيقها. و يفضل أن تقوم إدارة المنشأة بالتوقيع على تقرير الزيارة الميدانية غير أن هذه الإجراء ليس إلزامياً. و في ختام الزيارة يعقد اجتماع مع إدارة المنشأة لمناقشة ما توصل إليه فريق التفتيش و ملاحظاته.

٩- نتائج الزيارة التفتيشية

تعد الأنشطة التفتيشية التي تم إنجازها خلال زيارة الموقع ضرورية لتحقيق الأهداف التالية: إعداد تقرير التفتيش، تقييم مدى الخطورة المترتبة على المخالفات، ملاحقة المنشأة المخالفة جنائياً أو مدنياً، عرض المخالفات أمام القضاء المختص بشكل لا يدع مجالاً للتشكك في مصداقية إجراءات التفتيش، و متابعة وضع المنشأة تجاه الالتزام البيئي.

٩-١ إعداد تقرير التفتيش

يتضمن الملحق (K) من دليل التفتيش العام (GIM EPAP 2002) نموذجاً لتقرير التفتيش، يوضح بشكل منظم ما توصل إليه فريق التفتيش، و استنتاجاتهم، و توصياتهم والمعلومات و البيانات الدالة على ذلك. و يزود التقرير إدارة التفتيش بصورة متكاملة عن موقف المنشأة حيال الالتزام لتكون أساساً لاتخاذ الإجراءات الإلزامية المناسبة و القيام بأنشطة المتابعة.

٩-٢ دعم القضايا الإلزامية

في حالة اتخاذ إجراءات إلزامية تتم عادة رفع دعاوى قضائية ضد المنشآت المخالفة وينبغي الاستعداد للمهام التالية:

- إثبات حدوث المخالفات. و يجب على المفتش تقديم الأدلة على وقوع المخالفات لاستخدامها في ساحة القضاء.
- إثبات أن إجراءات التفتيش اتسمت بالحياد الكامل.
- توضيح المخاطر الصحية المترتبة على المخالفات البيئية الواردة بالتقرير.

٣-٩ متابعة وتبع المنشأة تجاه الالتزام

بعد القيام بإجراءات التفتيش الشامل و الكشف عن المخالفات لا ينبغي على إدارة التفتيش:

- تحديد العقوبات و إرسال التقرير القانوني إلى السلطات القضائية.
- الإعداد لخطط التفتيش الدوري بغرض المتابعة و التي تركز على التفتيش على مواضع المخالفات بالمنشأة و إجراءات الحد من التلوث التي تم إدخالها. و يتم خلال تلك الزيارات التفتيشية الإطلاع على نتائج الرصد الذاتي للمنشأة.
- متابعة الإجراءات الإلزامية القانونية.

المـــراجـــــع

List of References

1. Garcia Borras, T., "Manual for Improving Boiler and Furnaces Performance", Guf Publishing Company, 1983.
2. Gunn, D. and Horton, R., "Industrial Boilers", Longman Scientific & Technical, 1989.
3. Kohan, A.L. and Spring, Jr. H.M., "Boiler Operator's Guide", Third edition, McGraw-Hill, Inc., 1991.
4. Shrotzki, B.G.A. and Vopat, W.A., "Power Station Engineering and Economy", McGraw-Hill Book Company, 1960.
5. USAID/ECEP Project Series, "Boiler Operations", 1992.
6. USAID/ECEP Project Series, "Boiler Water Treatment", 1993.

الملاحق

الملحق (أ)
تعريفات أساسية

الملحق (أ)
تعريفات أساسية

(أ-١) المصطلحات المرتبطة بالغلايات

- **الغلايات بالغة الصغر (Tiny Boilers)**

وفقًا للقسم الأول من " قواعد الغلايات و أوانى الضغط " للجمعية الأمريكية للمهندسين الميكانيكيين (ASME) . يتصف هذا النوع من الغلايات بأن قطرة الداخلي ١٦ بوصة (٤٠ سم) وحجمها الإجمالي خمسة أقدام مكعبة (٠,١٤ م٣) عدا العازل و الغلاف الخارجي.

- **غلايات البخار ذات الضغط المرتفع (High Pressure Steam Boilers)**

تقوم بتوليد البخار عند مستوي ضغط أكبر من واحد بار. أما الغلايات التي تقوم بتوليد البخار عند مستوي ضغط أقل من ذلك فتصنف ضمن غلايات البخار ذات الضغط المنخفض. وتصنف الغلايات الصغيرة المولدة للبخار عند الضغط المرتفع ضمن الغلايات بالغة الصغر

- **غلايات الإمداد بالمياه الساخنة (Hot- Water-Supply Boilers)**

تمثل هذه الغلايات بالمياه وتعطي مياه ساخنة تستخدم في نواحى مختلفة خارج الغلاية وتعمل عند مستوي ضغط لا يتجاوز ١١ بار أو عند درجة حرارة لا تتجاوز ١٢٠°م. ويصنف هذا النوع من الغلايات ضمن غلايات الضغط المنخفض، أما إذا تجاوزت درجة الحرارة أو مستوي الضغط الحدود الموضحة فتصنف الغلاية ضمن غلايات الضغط المرتفع.

- **غلايات الضغط المنخفض (Low- Pressure Boilers)**

هي غلايات بخار تعمل عند مستوي ضغط أقل من ١ بار أو غلاية مياه ساخنة تعمل عند مستوي ضغط أقل من ١١ بار أو درجة حرارة أقل من ١٢٠°م .

- **الغلايات الجاهزة (Packaged Boilers)**

يتم تجميع كافة مكوناتها بالمصنع بما فيها مواسير المياه أو مواسير اللهب أو الحديد المصبوب و تتضمن الغلاية ، جهاز الإشعال، مفاتيح التحكم ومستلزمات الأمان. ويعد هذا النوع من الغلايات أقل تكلفة من الغلايات ذات القدرة المماثلة التي يتم تجميعها أو تركيبها بالموقع. إن إجراءات تجميع الغلايات الجاهزة وتسليمها للمنشأة حيث يتم تشغيلها علي الفور بعد إتمام التوصيلات اللازمة أسرع بكثير من الإجراءات الخاصة بتجميع أنواع الغلايات الأخرى بالمنشأة.

- **غلايات القدرة (Power Boilers)**

غلايات بخار تعمل عند مستوي ضغط أكبر من ١ بار و يتعدى حجمها حجم الغلايات متناهية الصغر.

- **غلايات الأنبوب فائق الحرج (Supercritical Boilers)**

تعمل عند مستوي ضغط أكبر من الضغط الحرج ٢٢١,٢ بار ودرجة حرارة ٣٧٤,١٥م. (درجة حرارة تشبع). تتساوى كثافة الماء و البخار عند الضغط الحرج ٢٢١,٢ بار مما يعني أن انضغاط البخار عند هذه النقطة يعادل انضغاط الماء.وعند تسخين هذا المزيج إلى درجة حرارة أعلى من درجة حرارة التشبع ٣٧٤,١٥م (لمستوى الضغط ٢٢١,٢ بار) ينتج بخار محم f يمكن القيام بالتشغيل بضغط مرتفع. و يناسب البخار الجاف عمليات تشغيل المولدات التوربينية.

- **غلايات الحرارة المهدرة (Waste Heat Boilers)**

تستخدم الحرارة الثانوية الناشئة عن عمليات متنوعة مثل الحرارة الناتجة من الفرن العالي بمصانع الصلب أو الغازات العادمة الساخنة في التوربينات الغازية ... حيث تمرر الحرارة "المهدرة" على أسطح المبادلات الحرارية لتوليد البخار أو المياه الساخنة للاستخدامات العادية.

(أ-٢) الصمامات ـ أدوات التحكم الملحقات

- **صمام الأمان (Safety Valve)**

تمنع صمامات الأمان ارتفاع ضغط الغلاية عن الحد الذي تم ضبط الصمام عنده، إذ يقوم الصمام بتنفيس ضغط البخار الزائد لتجنب مخاطر الانفجار.

- **صمام إغلاق خط التزويد بالبخار (Stop Valve)**

يتم تركيب الصمام عند مخرج البخار من الغلاية لإيقاف سريان البخار.

- **مقياس ضغط البخار (Pressure Gauge)**

يحدد ضغط البخار داخل الغلاية (كجم/سم٢)

- **سحارة مقياس البخار (steam gauge siphon)**

توضع بين مقياس البخار و الغلاية لتمثل عازلاً مائياً يمنع دخول البخار الحي إلى المقياس فيتسبب في قراءات خاطئة أو يحدث أضراراً بالمقياس.

- **محبس اختبار المفتشين و قياس منسوب المياه**
(Inspector's test gauge connection and cock)

يتيح التوصيلات اللازمة لرصد دقة مقياس البخار على الغلاية.

- **عمود المياه (water column)**

القالب المفرغ المصبوب المتصل بفراغ البخار الموجود أعلى الغلاية و قاع الجزء المائي منها و يتم تركيب محبس قياس منسوب الماء و محبس اختبار المياه عليه.

- **مقياس و دليل مستوى المياه في الغلاية (Water Level Indicator)**

مصمم ليعطي قراءات واضحة عن منسوب المياه في الغلاية

- **مقياس اختبار المياه أو محابس الاختبار (water test gauges or try cocks)**

تختبر مستوى المياه في الغلاية في حالة حدوث عطل مؤقت بمقياس المياه الزجاجي.

- **صمام التصريف (Drain valve)**

يتم تركيبه أسفل عمود الماء و مفتاح "إيقاف ضخ الوقود عند وصول منسوب المياه إلى الحد الأدنى". يسمح بإجراء عمليات كشف بالمياه يومياً أسفل عمود المياه و مفاتيح

التحكم في مستوى الماء للحفاظ على نظافة عمود المياه و الخطوط مما يساعد على تسجيل بيانات دقيقة عن منسوب المياه. كما يتم هذا الصمام وسيلة لاختبار مفاتيح إيقاف ضد الوقود عند وصول منسوب المياه إلى الحد الأدنى.

(أ-٣) مصطلحات تقييم مخرجات الغلاية

يمكن التعبير عن مخرجات الغلاية بالقدرة الحصانية (horse power) أو رطل البخار المتولد في الساعة أو طن البخار المتولد في الساعة أو وحدات حرارة إنجليزية (Btu) في الساعة أو ميجاوات (MW) .

- ***القدرة الحصانية للغلاية***

تستخدم في الولايات المتحدة و تعبر عن تبخر الماء إلى بخار جاف مشبع بمعدل ٣٤,٥ ليبرة/ساعة عند درجة حرارة ٢١٢ فهرنهيت. أي أن ١ حصان يعادل ٣٣,٤٧٥ Btu/ساعة و يعادل ١٠ قدم٢ من أسطح التسخين في الغلاية حسب المقاييس القديمة. أما في الغلايات الحديثة فإن مساحة تقدر بـ ١٠ قدم٢ من أسطح تسخين الغلاية تستطيع أن تولد من ٥٠ إلى ٥٠٠ ليبرة بخار/الساعة. و يتم التعبير عن سعة الغلايات الحديثة بعدد الأرطال من البخار التي تستطيع الغلاية توليدها / الساعة أو Btu/الساعة أو ميجاوات.

- ***مدى عمل الغلاية Boiler turndown Ratios***

يعبر عن المدى الذى تعمل به الغلاية أوتوماتيكياً من حيث حمل البخار أو كمية البخار المولدة بالنسبة للسعة القصوى للغلاية. فمثلاً فى غلايات مواسير اللهب يصل مدى عمل الغلاية (Turndown Ratio) إلى ١:٥ بمعنى أن الغلاية تعمل حتى $\frac{١}{٥}$ الحمل الاقصى لها.

الملحق(ب)

حساب الحد الأدنى لارتفاع المدخنة

الملحق (ب)
حساب الحد الأدنى لارتفاع المدخنة

في الغلايات القديمة كانت متطلبات السحب (draft) تناسب خصائ f السحب الطبيعي الذي توفره المدخنة. أما في الصناعة حيث الوحدات الضخمة المزودة بمعدات مثل ملفات التحمي f ل وسخانات الهواء و الموفرات فلم يعد من الممكن أن تفي خصائ f السحب المستحث الناتج عن المدخنة فهذه الوحدات تحتاج إلى مراوح سحب خاصة. و هناك ثلاثة أنواع من السحب:

- مراوح سحب قسري (آلي) (forced draft fan)
- الاعتماد على كل من مراوح السحب المستحث (induced draft fans) و مراوح السحب القسري لعمليات السحب المتزنة.
- الاعتماد على كل من مراوح السحب المستحث و المدخنة (لا يتبع هذا النظام كثيراً في عمليات التشغيل).

يعتمد ارتفاع و قطر المدخنة في الوحدات التي تعتمد على السحب الطبيعي على العوامل التالية:

- الفاقد من السحب خلال الغلاية من نقطة السحب المتزن إلى مدخل المدخنة.
- درجة حرارة الغازات الداخلة إلى المدخنة و درجة حرارة الهواء المحيط.
- معدل سريان الغاز من المدخنة المطلوب الوصول إليه.
- الضغط الجوي.

وتحدد المعادلة التالية العلاقة بين الفاقد في السحب و ارتفاع المدخنة

$$(\Delta P) = H \bullet \frac{P_o\, g}{R_{air}} \bullet \left(\frac{1}{T_o} - \frac{1}{T_{gas}}\right) \approx 35\, H \left(\frac{1}{T_o} - \frac{1}{T_{gas}}\right)$$

حيث:

ΔP= الفاقد في السحب ($cm\ H_2O$)

H هو ارتفاع المدخنة (متر)

P_o = الضغط الجوي ($100\ kP_a$)

T_o = درجة حرارة الجو (K)

T_{gas} = متوسط درجة حرارة الغازات في المدخنة (K)

R_{air} = ثابت الهواء (٠,٢٨٧ كيلوجول/كجم ù K)

g = عجلة الجاذبية (٩,٨١ متر/ث٢)

وهناك أيضاً عدداً من العوامل البيئية التي تدخل ضمن اعتبارات حساب الحد الأدنى لارتفاع المدخنة. فتنÙ f المادة (٤٢) من اللوائØ التنفيذية للقانون ٤ لسنة ١٩٩٤ على أن:

١- يتراوØ ارتفاع المدخنة التي تصدر عنها انبعاثات كلية تقدر بùù ٧٠٠٠ ù ١٥٠٠٠ كجم/ساعة بين ١٨ و ٣٦ متراً.

٢- يبلÙ ارتفاع المدخنة التي تصدر عنها انبعاثات كلية تزيد عن ١٥٠٠٠ كجùم/ ساùاعة أكثر من مرتين و نصف على الأقل ارتفاع المباني المحيطة بما فيها المبùاني التùي تخدمها المدخنة.

وفيما يلي مثال عن كيفية تقدير كمية الغازات العادمة المنبعثة من مدخنة إحدى الغلايات:

١- غلاية مواسير لهب سعتها ٨٠٠٠ كجم/ساعة من البخار.

٢- تبلÙ كفاءة هذا النوع من الغلايات ٨٥% على أساΣ القيمة الحرارية الإجماليةÙ وتقدر كمية الوقود المحترق بحوالي ٦٥٠ كجم/ساعة.

٣- نسبة الهواء إلى الوقود المناسبة للاحتراق الجيد تتراوØ بين ١٨ – ٢٠

٤- و بالتالي يمكن حساب كمية الغازات المنبعثة عند نسبة الهواء إلى الوقùود ٢٠ وفقùاً للمعادلة التالية:

$$m_{gases} = m_{fuel}\left(1 + \frac{A}{F}\right) = 13650\ kg/hr$$

٥- و بالتالي و وفقاً للمعايير البيئية فإن ارتفاع المدخنة ينبغي أن يتراوح بين ١٨-٣٦ متراً.

٦- يجب مراجعة ارتفاع المدخنة لمعرفة الفاقد الكلي من السحب في الغلاية وفقاً للمعادلة السابق ورودها و التي تربط بين ارتفاع المدخنة و الفاقد في السحب.

٧- أما بالنسبة للغلايات ذات السعة الضخمة (١٠طن/الساعة مثلاً) فتتم وفقاً لتلك الحسابات يجب أن يصل ارتفاع المدخنة إلى مرتين و نصف على الأقل ارتفاع المباني المحيطة بما فيها المباني التي تخدمها هذه المدخنة.

الملحق (ج)

الاشتراطات الخاصة بنوعية المياه

الملحق (ج)

الاشتراطات الخاصة بنوعية المياه

يمكن الحصول على الاشتراطات الخاصة بنوعية المياه من الشركات المنتجة للغلايات و مثل خلال النظام القياسي المتعارف عليه في الدولة و توضح الجداول التالية بعض المعايير النمطية الخاصة بنوعية المياه و تحدد بيانات تلك الجداول أن غلايات الضغط العالي تحتاج إلى إجراء معالجة تامة للمياه و إلى نوعية مياه عالية النقاء. و يتراوح مستوى المواد الصلبة الذائبة الكلية عادة بين ٣٠٠٠-٣٥٠٠ جزء في المليون في الغلايات الجاهزة النمطية.

(C 1) - خصائص مياه التغذية و مياه الغلايات ذات الأنابيب الجدارية (مواسير الماء) (وفقاً لـ : BS 2486: 1978)

• مياه التغذية		ملاحظات
درجة العسر الكلية (مل/لتر من كربونات الكالسيوم)	٢-٤٠	(٢)
الأكسجين		(٣)
المواد الصلبة الكلية، درجة القلوية، السيليكا		(٤)
الأس الهيدروجيني	٧,٥ - ٩,٥	
•مياه الغلاية		
درجة العسر الكلية (مل/لتر من كربونات الكالسيوم)	غير محددة	
ثلاثي فوسفات الصوديوم (مل/لتر من Na_3PO_4)	٥٠ – ١٠٠	
القلوية الكاوية (مل/لتر من كربونات الكالسيوم)	٣٥٠ – ٢٠٠	
القلوية الكلية (مل/لتر من كربونات الكالسيوم)	٧٠٠ - ١٢٠٠	
السيليكا (مل/لتر كحد أقصى من SiO_2)	أقل من ٠,٤ من القلوية الكاوية	
كبريتيت الصوديوم (مل/لتر من كبريتات الصوديوم) أو	٣٠ – ٧٠	
الهيدرازين (مل/لتر من N_2H_4)	٠,١ - ١	
مواد صلبة عالقة (مل/لتر كحد أقصى)	٥٠ – ٣٠٠	
مواد صلبة ذائبة (مل/لتر كحد أقصى)	٣٥٠٠ - ٢٠٠٠	

- *ملاحظات*

١- لمستويات الضغط حتى ٢٥ بار.

٢- الغلايات التي لها معدلات مرتفعة من المخرجات تحتاج إلى مياه درجة عسرها قريبة من الحد الأدنى لهذا المجال.

٣- لا توجد حدود ثابتة و لكن يوصى بنزع الهواء من المياه إلى أقصى حد ممكن قبل إضافة المواد المزيلة للأكسجين (O_2 scavengers) مثل الهيدرازين و كبريتيت الصوديوم.

٤- تتغير وفقاً لمواصفات الغلاية و معدل التفوير الذي توصي به الشركة المنتجة للغلاية.

(ج-٢) – خصائص مياه تغذية الغلايات مواسير المياه (وفقاً لـ : BS 2486: 1978)

• ضغط الخروج (بار)	٢٠	٦٠	١٢٠
• **مياه التغذية عند مدخل الموفر**			
درجة العسر الكلية (مل/لتر من كربونات الكالسيوم)	١٠	٠,٥	غير محددة
الأكسجين	٠,٠٥	٠,٠١	٠,٠٠١
حديد + نحاس + نيكل (مل/لتر كحد أقصى)	X	٠,٠٢	٠,٠٢
المواد الصلبة الكلية القلوية السيليكا	وفقاً لمعدلات التفوير		
الأس الهيدروجيني	٩,٥-٨,٥	٩,٥-٨,٥	٩,٥-٨,٥
الزيوت	غير محددة	غير محددة	غير محددة
• **مياه الغلاية**			
درجة العسر الكلية (مل/لتر من كربونات الكالسيوم)			
ثلاثي فوسفات الصوديوم (مل/لتر من Na_3PO_4)	١٠٠-٥٠	٥٠-٢٠	٣ - ٠
القلوية الكاوية (مل/لتر من كربونات الكالسيوم)	٣٠٠	٦٠	٥
القلوية الكلية (مل/لتر من كربونات الكالسيوم)	٧٠٠	٣٠٠	٤٠
السيليكا (مل/لتر كحد أقصى من SiO_2)	أقل من ٠,٤ من القلوية الكاوية	٢٠	٢
كبريتيت الصوديوم (مل/لتر من كبريتات الصوديوم) أو	٥٠-٣٠	٣٠-١٥	لا يوجد
الهيدرازين (١) (مل/لتر من N_2H_4)	١-٠,١	٠,٣-٠,٠٥	ùùù
مواد صلبة عالقة (٢) (مل/لتر كحد أقصى)	٢٠٠	أقل ما يمكن	أقل ما يمكن
مواد صلبة ذائبة (مل/لتر كحد أقصى)	٣٠٠٠	١٢٠٠	١٠٠
الكلوريد (مل/لتر من أيونات الكلور السالبة)	ùùù	ùùù	٥

- **ملاحظات**

١- يتحلل الهيدرازين في الغلايات عند مستوى ضغط ١٢٠ بار و حيث أنه لا يمكن قياس آثار الهيدرازين فيستعاض عنها بمحتوى مياه التغذية من الأكسجين.

٢- تركيز المواد الصلبة في الغلايات العاملة عند مستويات ضغط أكبر من ٤٠ بار لا ينبغي أن يتعدى ٢٠٠ مل/لتر.

الملحق (د)

الأسس الكيميائية لعملية الاحتراق

الملحق (د)

(د-١) الأسس الكيميائية لعمليات الاحتراق

فيما يلي عرضاً لبعض التفاعلات الكيميائية بين الأكسجين و كل مكون من مكونات الوقود القابلة للاشتعال و حساباتها على أساΣ الحسابات الحجمية.

١- الوقود الغازğ

أكثر الغازات شيوعاً في الاستخدام كوقود هو الغاز الطبيعيّ الذي يتكون أساساً من الميثان. و تختلف مكونات الغاز الطبيعي الأخرى من مصدر لآخر و يظل غاز الميثان هو المكون الأساسي. و على الرغم من خلو الغاز الطبيعي من الكبريت إلا أنّ تم إدخال كميات ضئيلة من كبريتيد الهيدروجين في المعادلات التالية بغرض توضيح حسابات الاحتراق حيث أن الكبريت يمثل مكوناً هاماً من مكونات أنواع الوقود الغازي الأخرى.

- Methane 93.85% by volume

$CH_4 + 2\ O_2 \longrightarrow CO_2 + 2\ H_2O$

Multiplying through by 0.9385

$0.9385\ CH_4 + 1.877\ O_2 \longrightarrow 0.9385 CO_2 + 1.877 H_2O$

- Ethane 2.23%

$C_2H_6 + 3.5\ O_2 \longrightarrow 2\ CO_2 + 3\ H_2O$

Multiplying through by 0.029

$0.0323\ C_2H_6 + 0.11305\ O_2 \longrightarrow 0.0464\ CO_2 + 0.0969 H_2O$

- Propane 1.22%

$C_3H_8 + 5\ O_2 \longrightarrow 3\ CO_2 + 4\ H_2O$

Multiplying through by 0.004

$0.0122\ C_3H_8 + 0.061\ O_2 \longrightarrow 0.366\ CO_2 + 0.0488\ H_2O$

- Butane 0.5%

$C_4H_{10} + 6.5\ O_2 \longrightarrow 4\ CO_2 + 5\ H_2O$

Multiplying through by 0.002

$0.005\ C_4H_{10} + 0.0325\ O_2 \longrightarrow 0.02\ CO_2 + 0.025\ H_2O$

- Pentane 0.3%

$C_5H_{12} + 8\ O_2 \longrightarrow 5\ CO_2 + 6\ H_2O$

Multiplying through by 0.001

$0.003\ C_5H_{12} + 0.024\ O_2 \longrightarrow 0.015\ CO_2 + 0.018\ H_2O$

- Hydrogen sulfide 0.2%

$H_2S + 1.5\ O_2 \longrightarrow SO_2 + H_2O$

Multiplying through by 0.002

$0.002\ H_2S + 0.003\ O_2 \longrightarrow 0.002\ SO_2 + 0.002\ H_2O$

و يجب ملاحظة أن الأحجام لا يمكن جمعها في طرفي المعادلة و يتضح ذلك في تفاعلات الاحتراق التي لا تتساوى فيها الأحجام بين طرفي المعادلة. إلا أن التفاعلات الكيميائية تتم دائماً على أساس ثبوت الكتلة أو عدد الذرات على جانبي المعادلة التفاعلية.

الخطوة التالية هي معرفة الكمية المنضبطة الكلية للأكسجين اللازم للاحتراق (stoichometric quantity) أي الكمية النظرية الأدنى من الأكسجين. و إذا كان الوقود نفسه يحتوي على الأكسجين فيجب خصم هذا المحتوى من الكمية المنضبطة الكلية.

و حيث أن الهواء اللازم للاحتراق يحتوي على كميات صغيرة من الرطوبة فيجب (بعد حساب هذه الكمية) إضافتها إلى نواتج الاحتراق مع الهواء الزائد.

ينتج عن معادلات الاحتراق السابقة أن ٢,١١٠٥٥ كيلومول (kmoles) من الأكسجين هي الكمية اللازمة لاحتراق ١ كيلومول من الوقود الغازي و بناء عليه تكون الكمية المنضبطة من الهواء اللازم للاحتراق هي:

$$2.11055\ X\ \frac{100}{21} = 10.05\ \text{kmoles}$$

$$10.05 = \frac{10.05}{1} = \frac{\text{حجم الهواء}}{\text{حجم الوقود}}$$

و تكون النسبة الحجمية للهواء / الوقود =

و بناء عليه تكون النسبة المنضبطة من الهواء / الوقود (على أساس الكتلة):

$$\text{mass}\left\{\frac{A}{F}\right. = \frac{\text{كتلة الهواء}}{\text{كتلة الوقود}} = \frac{10.05 \text{ X } 28.97}{1 \text{ X } 16.946} = 17.181 \frac{\text{كجم هواء}}{\text{كجم وقود}}$$

٢- الوقود السائل

تعتمد تحاليل وحسابات احتراق الوقود السائل و الوقود الصلب على كتلة المواد القابلة للاحتراق كعناصر كيميائية مكونة للوقود على عكس حسابات الوقود الغازي التي تعتمد أساساً على النسب الحجمية لمكونات الغاز.

و تحتوي أنواع الوقود السائل الثقيل (مثل المازوت) على كميات من العناصر المعدنية و الرطوبة أقل بكثير عنها في معظم أنواع الوقود الصلب. و يوضح الجدول (د-١) نتائج التحليل النمطي للمازوت.

جدول (د-١) نتائج التحليل المطلق للمازوت (نسبة مئوية للكتلة) (Ultimate analysis)

المكونات	النسبة المئوية للوزن
الكربون	٨٦,٠%
الهيدروجين	١٠,٥%
الكبريت	٣,٠%
الأكسجين	٠,٠٥%
النيتروجين	٠,٠٥%
الرطوبة	٠,٢%
الرماد	٠,٢%
الإجمالي	**١٠٠,٠%**

تشبه حسابات كمية الأكسجين اللازمة للاحتراق في الوقود السائل الحسابات المتبعة في الوقود الغازي. أما مكونات الوقود السائل القابلة للاحتراق فهي الكربون و الكبريت والهيدروجين. و يراعى كذلك خصم كمية الأكسجين الموجودة بالوقود من

كمية الأكسجين المنضبطة الكلية اللازمة للاحتراق. و يراعى أيضاً في المعادلات التالية أن الحسابات تتم على أساΣ كتلة المكونات القابلة للاحتراق.

- **الكربون**

$$C + O_2 = CO_2$$

الوزن الجزيئي للكربون هو ١٢ و الوزن الجزيئي لثكسجين هو ٣٢ و بالتالي وبحساب توازن الكتلة

$$12\ kg\ C + 32\ kg\ O_2 = 44\ kg\ CO_2$$

وفقاً لنتائN التحليل المطلق يحتوي الوقود على ٨٦% كربون (٠,٨٦كجم كربون لكل كجم وقود) لذلك يتم ضرب الوزن الجزيئي في ١٢/٠,٨٦ :

$$0.86\ kg\ C + 2.293\ kg\ O_2 = 3.153\ kg\ CO_2$$

- **الليدروجين**

يحتوي الوقود على ١٠,٥% هيدروجين (٠,١٠٥ كجم هيدروجين لكل كجم وقود):

$$H_2 + ½\ O_2 = H_2O$$

$$2\ kg\ H_2 + 16\ kg\ O_2 = 18\ kg\ H_2O$$

$$0.105\ kg\ H_2 + 0.84\ kg\ O_2 = 0.945\ kg\ H_2O$$

- **الكبريت**

يحتوي الوقود على ٣% كبريت (٠,٠٣ كجم كبريت لكل كجم وقود):

$$S + O_2 = SO_2$$

$$32\ kg\ S + 32\ kg\ O_3 = 64\ kg\ SO_2$$

$$0.03\ kg\ S + 0.03\ kg\ O_2 = 0.06\ kg\ SO_2$$

وبالتالي يمكن حساب كتلة الأكسجين المنضبطة اللازمة لحرق ١ كجم من الوقود:

$$(2.293 + 0.84 + 0.03) - 0.0005 = 3.1625\ kg\ O_2/kg\ fuel$$

وتتضمن هذه الحسابات السماθ الخا f بتواجد الأكسجين في الوقود.

حيث أن الهواء الجوي يحتوي على ٢٣,٣% أكسجين تصبح الكتلة المنضبطة من الهواء اللازمة لاحتراق ١كجم من المازوت:

$$3.1625 \quad X \quad \frac{100}{23.3} \quad = \quad 13.57 \text{ kg}$$

و تصبح بالتالي النسبة المنضبطة من الهواء / الوقود (على أساس حساب الكتلة)

$$\text{mass}\left\{\frac{A}{F}\right. = \frac{\text{كتلة الهواء}}{\text{كتلة الوقود}} = \frac{13.57}{1} = 13.57 \text{ kg air/kg fuel}$$

الهواء الزائد

يحتاج الاحتراق التام عملياً إلى كمية من الهواء تزيد عن الكمية الحسابية (النظرية) وذلك بسبب عدم توافر الظروف المثالية لعملية الاحتراق. و تتوقف الكمية الفعلية من الهواء اللازم لعملية الاحتراق في الغلايات أو الأفران أو القمائن على عوامل متعددة تتضمن: نوع الوقود و مكوناته، تصميم الفرن، معدل الإشعال و تصميم و ضبط الحارق. إذن الهواء الزائد هو الكمية الإضافية من الهواء اللازم للاحتراق و التي تزيد عن الكمية الحسابية (النظرية)، ويعبر عنه كنسبة مئوية من كمية الهواء المنضبطة (النظرية) اللازمة للاحتراق. و بالتالي فإن استخدام ضعف كمية الهواء اللازمة نظرياً للاحتراق ينتج عنها نسبة هواء زائد تساوي ١٠٠% ... و هكذا. و تصل نسبة الهواء الزائد إلى ١٠% لاحتراق الوقود الغازي في الغلايات ذات مواسير اللهب و تكون أقل من ذلك بالنسبة للغلايات الكبيرة ذات مواسير المياه، و تصبح النسبة الفعلية للهواء / الوقود :

$$\text{فعلية}\left\{A/F = 17.181 \text{ X } 1.1 = 18.8995 \text{ kg air/kg fuel}\right.$$

أما في حالة استخدام الوقود الثقيل في غلايات مواسير اللهب فتصل نسبة الهواء الزائد إلى ٣٠% و تكون أقل من ذلك بالنسبة للغلايات الكبيرة ذات مواسير المياه، وتصبح النسبة الفعلية للهواء / الوقود :

$$A/F = 13.57 \text{ X } 1.3 = 17.64 \text{ kg air/kg fuel} \quad \text{فعلية}$$

يوضح الجدول (D-2) بعض متطلبات الهواء الزائد وفقاً لأنواع الوقود المختلفة ويلاحظ أن هذه المعدلات تمثل عملية احتراق جيدة.

جدول (د-٢) متطلبات الـ Oxygen الزائد وفقاً لأنواع الوقود المختلفة

الوقود	نوع الفرن أو الموقد	نسبة الـ Oxygen الزائد
المازوت	الغلايات الكبيرة (المستخدمة في محطات توليد الطاقة)	١٥ – ٢٠
	الغلايات النمطية (المستخدمة في الصناعة)	٢٠ – ٣٠
السولار	معدات التسخين	١٠ – ١٥
	الغلايات المستخدمة في الصناعة	١٠ – ١٥
الغاز الطبيعي	حارق مزود بمعدات تحكم في تيار الهواء (register burner)	٥ – ١٠
	حارق مزدوج الوقود (dual-fuel burner)	٧ – ١٢
مصاصة القصب	كافة الأنواع	٢٥ - ٣٠

(د-٢) تحليل الغاز لمعرفة أو تقدير نسبة الهواء الزائد

يستخدم تحليل الغاز (قياس كمية الأكسجين و/أو كمية ثاني أكسيد الكربون) لتحديد نسبة الهواء الزائد فى الاحتراق . و يمكن تقدير نسبة الهواء الزائد مباشرة بمعرفة كمية الأكسجين أو كمية ثاني أكسيد الكربون كالتالي:

١- باستخدام الرسومات البيانية الموضحة بالشكل (D-1) و التي ترسم علاقة كمية الأكسجين الحسابية (و/أو ثاني أكسيد الكربون) بالمستويات المختلفة من الهواء الزائد عند احتراق الوقود مع افتراض أن تركيز أول أكسيد الكربون ١٠٠ جزء في المليون. و هذا التركيز من أول أكسيد الكربون في غازات العادم يعتبر مؤشراً للاحتراق التام.

٢- باستخدام المعادلات الآتية:

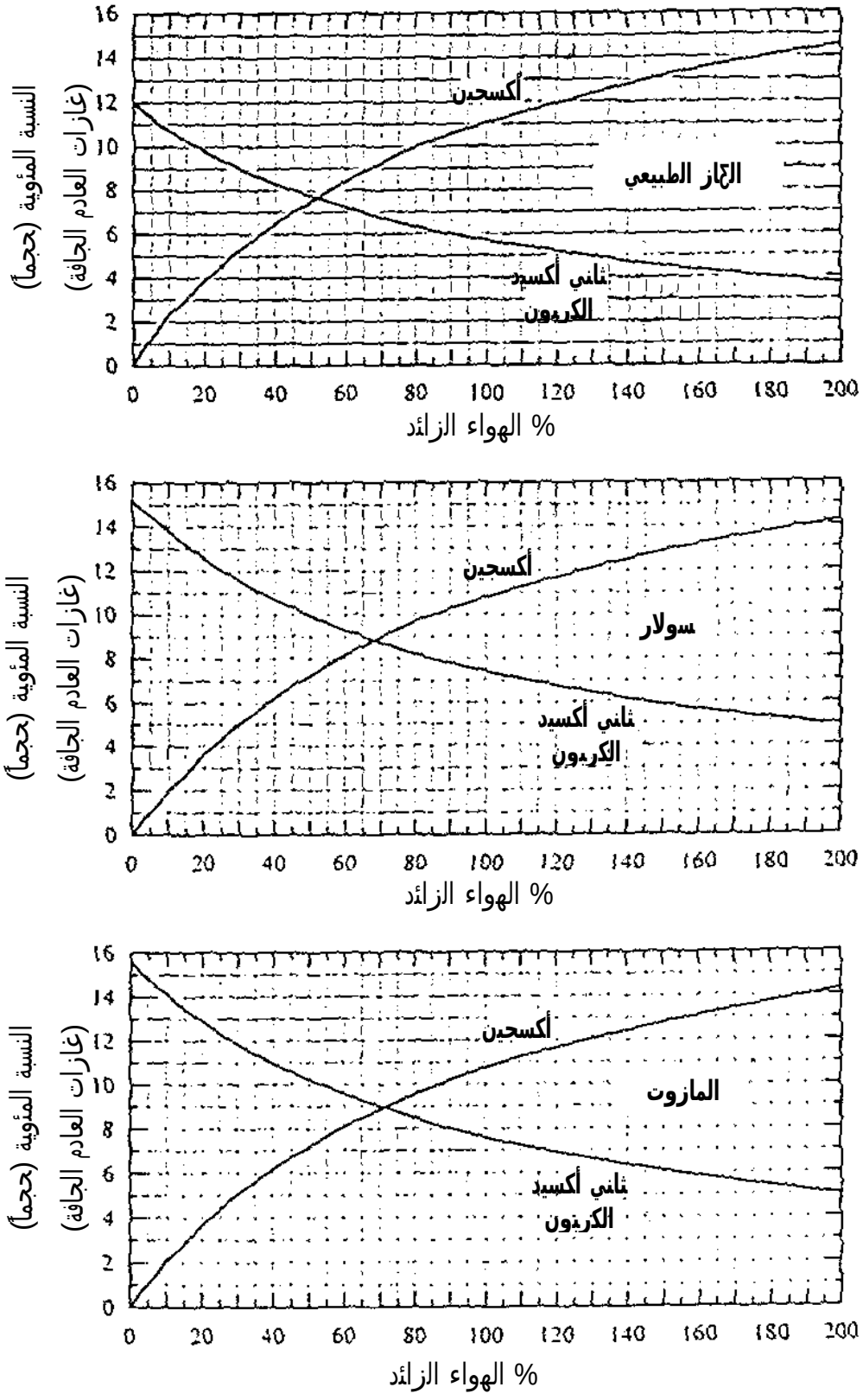
$$\text{النسبة المئوية للهواء الزائد} = \left(\frac{\text{تركيز الأكسجين}}{٢١ - \text{تركيز الأكسجين}} \right) \times ١٠٠$$

$$\text{أو النسبة المئوية للهواء الزائد} = \left(١ - \frac{\text{ثاني أكسيد الكربون (الأقصى)}}{\text{تركيز ثاني أكسيد الكربون}} \right) \times ١٠٠$$

ثاني أكسيد الكربون (الأقصى) هو النسبة المئوية لثاني أكسيد الكربون في غازات العادم الجافة مع افتراض احتراق منضبط (نظري) حيث نسبة الهواء الزائد تكون صفر.

يقوم جهاز تحليل الغازات بقياس تركيز الأكسجين و نحتسب تركيز ثاني أكسيد الكربون وفق المعادلة التالية:

$$\text{تركيز ثاني أكسيد الكربون} = \text{ثاني أكسيد الكربون (الأقصى)} \left(١ - \frac{\text{تركيز الأكسجين}}{٢١} \right)$$



شكل (د-١) : علاقة الأكسجين الحرة (و/أو ثاني أكسيد الكربون) بمستويات الهواء الزائد المختلفة وفقاً لأنواع الوقود

(د-٣) معدلات إطلاق الحرارة

هناك معدلان لإطلاق الحرارة

١- المعدل الحجمي (volumetric rate)

هو معدل إطلاق الحرارة لـ:

الحد الأقصى لمدخلات الوقود وفقاً لعيار الغلاية X القيمة الحرارية للوقود

م٣ من حجم الفرن

توصيات إرشادية:

تقدر قيمة الحرارة المنطلقة في ماسورة اللهب لغلايات مواسير اللهب التي تستخدم الوقود السائل و الغازي بحوالي ١,٨ ميجاوات / م٣ (BS: 2790: 1986)

و يتم حساب هذه القيمة بناءً على الحجم الصافي للفرن مع استبعاد حجم غرفة الاسترجاع (return chamber) و الحجم الذي تشغله معدات الإشعال و المقاومة الحرارية الخاصة بالحارق (refractory appliance) . و يتم استخدام هذه القيمة بالمملكة المتحدة.

أما في الولايات المتحدة فتستخدم قيمة تختلف اختلافاً بسيطاً حيث يدخل المسقط الهندسي (geometric projection) لأبعاد غرفة الاسترجاع ضمن حساب قيمة الحرارة المنطلقة التي تقدر بـ ١,٥٥ ميجاوات/م٣.

٢- الأسطح المشعة (الإشعاعية) الفعالة (Effective projected radiant surface)

هي النسبة بين $\frac{\text{معدل إطلاق الوقود في غرفة الاحتراق}}{\text{م٢ من أسطح الفرن المشعة}}$

توصيات إرشادية:

تنتقل الحرارة داخل الفرن عن طريق الإشعاع حيث يكون الدفق الحراري (heat flux) (معدل سريان الحرارة لوحدة المساحة) في أعلى قيمة عند موضع يبعد عن مقدمة موقد حرق الوقود السائل أو الغازي و في اتجاه التيار بحوالي مقدار قطر الفرن (one furnace diameter) . و تصل قيمة الدفق الحراري إلى ٣٢٠ كيلووات/م٢ بحيث تعم درجات الحرارة العالية كافة أجزاء هذه المنطقة. و تعتمد القيمة القصوى للدفق الحراري (peak heat flux) على مساحة المقطع العرضي للفرن (cross-sectional area) التي تتغير تبعاً لتغير قطر الفرن. لذلك فعند حساب قيمة المدخلات الحرارية المسموح بها يتم ربطها بمقاييس

قطر الفرن لتجنب إدخال قيم حرارية زائدة. و تبلغ قيمة المدخلات الحرارية القصوى (maximum heat input) لفرن الوقود السائل و الغازي ١٢ ميجاوات على أساس حساب القيمة السعرية للوقود الصافية (net calorific value) . و في حالة إدخال قيم حرارية أكبر من ذلك فيجب استخدام فرنين أو أكثر. يبلغ متوسط الدفق الحراري في الفرن مقداراً أكثر بقليل من نصف قيمة الدفق الحراري القصوى و تظل هذه القيمة أعلى من قيم الدفق الحراري في مختلف مناطق الغلاية باستثناء ألواح المواسير الخلفية حيث يصبح الحمل الحراري الموضعي (local convection) ضرورياً عند مدخل المواسير.

و تتم الحسابات بقسمة معدل إطلاق الحرارة على مساحة الفرن المتعامدة مع على محور اللهب. و ينبغي عند كافة معدلات الإشعال تجنب ملامسة اللهب لأسطح التسخين.

يرجع قصر العمر الافتراضي (life expectancy) لغلايات مواسير اللهب إلى تصميماتها المنضغطة و تشغيلها الأوتوماتيكي الذي يؤدي إلى انخفاض معدلات الصيانة وذلك على العكس من غلايات مواسير المياه. كما تؤثر عوامل التشغيل السريع و التبريد السريع و انخفاض نوعية المياه و زيادة الاشتعال في تقدير عمر الغلاية الافتراضي.

الملحق (هـ)

قوائم مراجعة محطات توليد الطاقة

المعلومات الخاصة بإجراءات التفتيش

تاريخ و موعد التفتيش	.....		
اسم و عنوان المنشأة	....		
الشخص المسئول عن إدارة المنشأة	الاسم الوظيفة الهاتف	....	
فريق التفتيش	الاسم	الوظيفة	رقم الهاتف
قائد فريق التفتيش	.....	.....	.....
مفتش	.....	.....	.....
مفتش	.....	.....	.....
مفتش	.....	.....	.....
أخصائي معامل (فني معمل)	.....	.....	.....

معلومات عامة عن المنشأة

سنة بدء التشغيل	.....
المسطحات المائية المستقبلة للصرف الصناعي النهائي	.....
القوانين ذات الصلة بالمسطحات المائية المستقبلة	.....
عدد نقاط الصرف	.....
في حالة وجود أكثر من نقطة صرف واحدة يجب رصد النقاط التي يتم من خلالها الصرف السائل لمحطة توليد البخار	.....

معلومات عن عمليات التشكيل

١	المدخلات	المعدل (طن/اليوم)	٢	المنتجات	المعدل (طن/اليوم)
	وقود	.....		البخار المتولد	.....
	الشبة	.....			
	الجير	.....			
	كبريتات الحديديك	.....			
	الهيدرازين	.....			
	الأمينات	.....			
	كربونات الصوديوم	.....			
	الصودا الكاوية	.....			
	الفوسفات	.....			
	مضادات الرغوى	.....			
	كبريتيت الصوديوم	.....			
	حمض الكبريتيك	.....			
٣	القوى العاملة	.....	٤	عدد الورديات/يوم	.....
٥	كمية مياه الصارف المتولدة	.....	٦	نوعية مياه التغذية المستخدمة	.....
٧	مصدر الكهرباء	الشبكة العمومية	☐	يتم توليدها بالمنشأة	☐

محطات توليد الطاقة
١- Zلايات البخار

قائمة مراجعة خط الوقود (الغلايات)

١- عام	
١-١ عدد الغلايات و سعتها	....
١-٢ نوع الوقود المستخدم	☐ سولار ☐ مازوت ☐ كيروسين ☐ غاز طبيعي ☐ أنواع أخرى
١-٣ طبيعة المنطقة المحيطة	☐ زراعية ☐ سكانية ☐ صناعية
١-٤ نوع و سعة خزانات الوقود	☐ فوق الأرض ☐ تحت الأرض
١-٥ هل هناك تسربات	☐ نعم ☐ لا
١-٦ إجراءات الطوارئ في حالة حدوث تسرب أو انسكاب	☐ موجودة ☐ غير موجودة
١-٧ سجل الصيانة الدورية	☐ متاح ☐ غير متاح
٢- حالة تلوث الهواء	
٢-١ عدد المداخن و ارتفاعها	....
ملحوظة: يجب أن يكون ارتفاع المدخنة ٢,٥ مرة ارتفاع المباني المحيطة	
٢-٢ بيانات الرصد المتاحة	☐ ثاني أكسيد الكبريت ☐ أول أكسيد الكربون ☐ ثاني أكسيد الكربون ☐ الجسيمات ☐ أكاسيد النيتروجين ☐ لا توجد بيانات متاحة
٢-٣ هل هناك رائحة مواد عضوية طيارة متسربة من خزانات الوقود أو شبكة أنابيب الوقود أو وصلاتها	☐ نعم ☐ لا
٢-٤ هل توجد بيانات مسجلة عن نسبة الوقود إلى الهواء في حالة عدم وجود بيانات يجب إجراء التحاليل	☐ نعم ☐ لا
٢-٥ هل تلاحظ وجود دخان أسود مع الغازات العادمة المنبعثة من المدخنة	☐ نعم ☐ لا

٣- حالة بيئة العمل	
٣-١ هل هناك بيانات متاحة عن قياسات الضوضاء و الحرارة	☐ نعم ☐ لا
٣-٢ هل توجد إجراءات أمان متاحة في حالة استخدام المواد الخطرة في عملية المعالجة الداخلية للمياه	.....
٣-٣ راجع تسرب المواد العضوية الطيارة في غرفة الغلاية	.....
٤- حالة المواد الخطرة	
٤-١ هل تلاحظ وجود أية عوامل قد تتسبب في إندلاع الحرائق مثل وجود مضخة أسفل خزان الوقود (تشغيل الموتور ينشأ عنه شرارة)	☐ نعم ☐ لا ملاحظات ....

قائمة مراجعة دورة المياه (الثلايات)

١- عام	
١-١ مصدر المياه المستخدمة	.....
١-٢ أساليب معالجة المياه	□ التنقية □ الجير □ الترشيح □ التناضح العكسي □ التبادل الأيوني
١-٣ الكيماويات المستخدمة في عملية الغسل العكسي	□ حمض الكبريتيك □ كلوريد الصوديوم □ الصودا الكاوية □ كيماويات أخرى
١-٤ الكيماويات المستخدمة في المعالجة الداخلية للمياه م٣/اليوم	□ الهيدرازين □ الأمينات □ الفوسفاتات □ كبريتيت الصوديوم □ كبريتات الصوديوم □ كربونات الصوديوم □ مضادات الرغاوي
١-٥ هل يتم تدوير متكثفات البخار	□ نعم □ لا
٢- حالة الصرف السائل	
٢-١ معدل الغسل العكسي للميسرات م٣/اليوم	.....
٢-٢ معدل تفوير الغلاية م٣/اليوم	.....
٢-٣ طبيعة المسطحات المائية المستقبلة لمياه الغسل العكسي	.....
٢-٤ طبيعة المسطحات المائية المستقبلة لمياه تفوير الغلاية	.....
٣- حالة المخلفات الصلبة	
٣-١ معدل تكون الحمأة من مياه الغسل العكسي	.....
٣-٢ أساليب التخلص من الحمأة المتكونة في مياه الغسل العكسي	.....
٣-٣ كمية الحمأة الناتجة عن معالجة المياه	.....
٣-٤ أساليب التخلص من الحمأة الناتجة عن معالجة المياه	.....
٤- حالة المواد الخطرة	
٤-١ راجع تخزين المواد الخطرة المستخدمة في معالجة المياه. هل يوجد التزام بالقانون ٤ لسنة ١٩٩٤ في هذا الصدد	□ نعم □ لا
٤-٢ أساليب التخلص من حاويات المواد الخطر الفارغة	.....

محطات توليد الطاقة
٢- موتورات الديزل

قائمة مراجعة خط الوقود (موتورات الديزل)

١- عام	
١-١ حدد كمية وقود الديزل المستخدمة فى اليوم/الشهر	....
١-٢ نوع و سعة خزانات الوقود	□ فوق الأرض □ تحت الأرض
١-٣ هل هناك تسربات	□ نعم □ لا
١-٤ إجراءات الطوارئ في حالة حدوث تسرب أو انسكاب	□ موجودة □ غير موجودة
١-٥ سجل الصيانة الدورية	□ متاح □ غير متاح
١-٦ ما هو مصير زيوت التزليق المستهلكة	.....
٢- حالة تلوث الهواء	
٢-١ عدد المداخن و ارتفاعها	....
ملحوظة: يجب أن يكون ارتفاع المدخنة ٢,٥ مرة ارتفاع المباني المحيطة	
٢-٢ بيانات الرصد المتاحة	□ ثاني أكسيد الكبريت □ أول أكسيد الكربون □ ثاني أكسيد الكربون □ الجسيمات □ أكاسيد النيتروجين □ لا توجد بيانات متاحة
٢-٣ هل هناك رائحة مواد عضوية طيارة متسربة من خزانات الوقود أو شبكة أنابيب الوقود أو وصلاتها	□ نعم □ لا
٢-٤ هل توجد بيانات مسجلة عن نسبة الوقود إلى الهواء في حالة عدم وجود بيانات يجب إجراء التحاليل	□ نعم □ لا
٢-٥ هل تلاحظ وجود دخان أسود مع الغازات العادمة المنبعثة من المدخنة	□ نعم □ لا
٣- حالة بيئة العمل	
٣-١ هل هناك بيانات متاحة عن قياسات الضوضاء و الحرارة	□ نعم □ لا
٣-٢ راجع تسرب المواد العضوية الطيارة بالقرب من خزان الوقود	.....
٤- حالة المواد الخطرة	
٤-١ هل تلاحظ وجود أية عوامل قد تتسبب في اندلاع الحرائق مثل وجود مضخة أسفل خزان الوقود (تشغيل الموتور ينشأ عنه شرارة)	□ نعم □ لا ملاحظات ....

قائمة مراجعة دورة المياه (موتورات الديزل)

١- عام	
١-١ مصدر المياه المستخدمة	.....
١-٢ أساليب معالجة المياه	☐ التنقية ☐ الجير ☐ الترشيح ☐ التناضح العكسي ☐ التبادل الأيوني
١-٣ ما هي الكيماويات المستخدمة في معالجة المياه؟	.....
٢- حالة الصرف السائل	
٢-١ معدل تفوير مياه التبريد (م٣/اليوم)	.....
٢-٢ طبيعة المسطحات المائية المستقبلة لمياه الغسل العكسي للميسرات	.....
٣- حالة المخلفات الصلبة	
٣-١ معدل تكون الحمأة من مياه الغسل العكسي	.....
٣-٢ أساليب التخلص من الحمأة المتكونة في مياه الغسل العكسي	.....
٣-٣ كمية الحمأة الناتجة عن معالجة المياه	.....
٣-٤ أساليب التخلص من الحمأة الناتجة عن معالجة المياه	.....

محطات توليد الطاقة
٣- التوربينات الغازية

قائمة مراجعة خط الوقود (التوربينات الغازية)

١- عام	
١-١ نوع الوقود المستخدم	☐ سولار ☐ مازوت ☐ كيروسين ☐ غاز طبيعي ☐ أنواع أخرى
١-٢ طبيعة المنطقة المحيطة	☐ زراعية ☐ سكانية ☐ صناعية
١-٣ نوع و سعة خزانات الوقود	☐ فوق الأرض ☐ تحت الأرض
١-٤ هل هناك تسربات	☐ نعم ☐ لا
١-٥ هل توجد إجراءات طوارئ في حالة حدوث تسرب أو انسكاب	☐ نعم ☐ لا
١-٦ سجل الصيانة الدورية	☐ متاح ☐ غير متاح
١-٧ ما هو مصير زيت التزليق المستهلكة	.....
٢- حالة تلوث الهواء	
٢-١ عدد المداخن و ارتفاعها	....
ملحوظة: يجب أن يكون ارتفاع المدخنة ٢,٥ مرة ارتفاع المباني المحيطة	
٢-٢ هل هناك بيانات الرصد المتاحة	☐ ثاني أكسيد الكبريت ☐ أول أكسيد الكربون ☐ ثاني أكسيد الكربون ☐ الجسيمات ☐ أكاسيد النيتروجين ☐ لا توجد بيانات متاحة
٢-٣ هل هناك رائحة مواد عضوية طيارة متسربة من خزانات الوقود أو شبكة أنابيب الوقود أو وصلاتها	☐ نعم ☐ لا
٢-٤ هل توجد بيانات مسجلة عن نسبة الوقود إلى الهواء في حالة عدم وجود بيانات يجب إجراء التحاليل	☐ نعم ☐ لا
٢-٥ هل تلاحظ وجود دخان أسود مع الغازات العادمة المنبعثة من المدخنة	☐ نعم ☐ لا
٣- حالة بيئة العمل	
٣-١ هل هناك بيانات متاحة عن قياسات الضوضاء و الحرارة	☐ نعم ☐ لا

٣-٢ راجع تسرب المواد العضوية الطيارة مثل خزان الوقود	.....
٤- حالة المواد الخطرة	
٤-١ هل تلاحظ وجود أية عوامل قد تتسبب في إندلاع الحرائق مثل وجود مضخة أسفل خزان الوقود (تشغيل الموتور ينشأ عنه شرارة)	☐ نعم ☐ لا ملاحظات ....