الغـاز الطبيعى :

تطور ورفع كفاءة المحارق والافران

م . لطفى عبدالكريم لياس*

مقدمـــة :

يعتبر الغاز الطبيعى ثالث اكبر المصادر الأولية للطاقة فى العالم بعد الفحم والزيت ومن اهم مزايا الغاز الطبيعى ارتفاع قيمته الحرارية وكفاءة المعدات التى تستخدمه كوقود وقلة الانبعاثات البيئية الملوثة الناجمة عنها بالاضافة الى سهولة التحكم والسيطرة على الغاز فى عمليات التشغيل ، ولذلك يفضل الغاز فى كثير من الصناعات عن الانواع الاخرى من الوقود .

وتاريخيا كان الفحم هو الوقود الرئيسى للصناعة حيث يحرق فى غلايات ذات احجام كبيرة لانتاج البخار الذى يستخدم لدفع توربينات بخارية لتوليد الكهرباء ويستخدم ايضا كمصدر للحرارة المنخفضة . اما فى العمليات التى تتطلب درجات الحرارة العالية فقد استخدم الفحم فى التسخين المباشر . او غير المباشر فى عمليات تسخين المواد التى قد تتضرر من الانبعاثات الملوثة الناجمة عن حرق الفحم .

فيما بعد وحين اصبح الزيت الثقيل متوفرا أخذت عمليات تغيير معدات الحرق فى الانتشار لاستقبال الوقود الجديد . ورغم التكاليف المترتبة على هذا التغيير الا انه تم بسهولة لتشابه خصائص لهب الزيت والفحم مع تساويهما فى طبيعة ومكونات الانبعاثات الناتجة من عمليات الحرق . من أهم المميزات التى يتميز بها الزيت الثقيل عن الفحم تواجده فى الحالة السائلة ، هذه الميزة سمحت بادخال بعض التطورات على معدات الحرق مما حذا ببعض الصناعات الخفيفة استخدام منتجات تكرير الزيت الثقيل وغاز البترول المسال وتفضله عن الفحم نظير الحصول على معدات اكثر تطورا رغم الزيادة فى التكاليف .

عند توفر الغاز الطبيعى حل فى المرحلة الاولى محل منتجات تكرير الزيت الخام وغاز البترول المسال الى أن اصبح منافسا للفحم والزيت الثقيل . وتعتمد درجة منافسته اعتمادا كبيرا على طرق استخدامه فمثلا عند استخدام الغاز الطبيعى لاغراض تشغيل الغلايات البخارية فانه يمتاز على منافسيه بعدم الحاجة الى مواقع تخزين وبالتالى عدم استغلال مساحات كبيرة وكذلك التحكم الجيد والسهل لكميات الهواء المطلوبة لاتمام عملية الاحتراق وقلة فاقد الحرارة عند استخدام الغاز الطبيعى عنه عند استخدام الزيت الثقيل . وعلى كل حال فان عيوب نظام البخار (عدم المرونة ، فاقد النقل ، قلة الكفاءة) لازالت قائمة . وتزداد قيمة الغاز الطبيعى عن غيره من الوقود لميزته الكبيرة عند استخدامه فى عمليات الحرارة المنخفضة وهى امكانية نقله الى نقاط استخدامه بسهولة ودون تكاليف باهضة وكذلك امكانية استخدام ناتج الحرق فى التسخين المباشر دون الحاجة الى وسط آخر نظيف مثل البخار .

اما فى العمليات التى تحتاج الى درجات الحرارة العالية والتى لايمكن عندها استخدام البخار كوسيط للتسخين فان اهمية الغاز تختلف فى هذه الحالة حيث يستخدم فى معظم عمليات التسخين المباشر التى يسمح فيها ملامسة نواتج الحرق للمواد المراد تسخينها . ورغم استخدام الفحم والزيت الثقيل فى عمليات التسخين غير المباشر لايمكن تجاهل عيوب قلة الكفاءة وبطء معدل رفع درجة الحرارة مع عدم المرونة فى التحكم والسيطرة مقارنة باستخدام الغاز الطبيعى الذى ساهم استخدامه فى تحسين جودة الانتاج وزيادة انتاجية الافران عندما

* مشروعات الغاز

حل محل الفحم والزيت فى عمليات التسخين المباشر ، اضافة الى الاقتصاد فى استهلاك الوقود لسهولة تطبيق تقنية استرجاع الحرارة المهدورة والاستفادة منها .

باختصار خصائص الغاز الطبيعى والتى تكمن فى وجوده على الحالة الغازية ونظافة نواتج حرقه سمحت للتطورات التقنية ان تأخذ مكانها فى الصناعات التى تحتاج عملياتها الى درجات الحرارة المنخفضة والمرتفعة على حد سواء ، والتجديد والابداع فى تقنية الحرق وأنظمة الافران ونظام التحكم فى نواتج الحرق نتج عنها محارق للغاز حديثه لم ترفع من الكفاءة فحسب بل ساهمت فى رفع جودة المنتجات وزيادة انتاجية المصانع ايضا . ويصنف استخدام الغاز الطبيعى فى الصناعة الى قسمين :

تطبيقات تحتاج الى درجات حرارة منخفضة (اقل من 500 درجة مئوية)

وتطبيقات تحتاج الى درجات حراره عالية(اكثر من 500 درجة مئوية)

ويمكن تلخيص بعض التطورات التى حدثت فى هذين المجالين كالتالى :-

(أ) تطبيقات الحرارة العالية :-

تطورت تصاميم الافران ذات المحارق الغازية بشكل كبير خلال العقود الماضية نتيجة لتوفر نظام جيد للمحارق والاستعمال الشاسع لعملية دوران الهواء الساخن المدفوع بقوة . كما ان المحارق الغازية سمحت باستخدام الاسطح العازلة فى كثير من التطبيقات وبالتالى ادت الى تقليل زمن معدل التسخين والفاقد فى الحرارة . ومن بين هذه التطبيقات التى استخدمت هذه التقنية افران الصهر حيث تستعمل مادة الخزف المليف فى صناعة محارقها .

تحتاج الافران التقليدية الى اعداد كبيرة من المواقد صغيرة الحجم للحصول على تجانس جيد للحرارة داخل الفرن بطريقة الخروج التلقائى للهواء الساخن . اضاف دفع الهواء الساخن باستخدام المراوح بعض التحسين فى عملية انتقال وتجانس الحرارة داخل الفرن التطور المهم الذى حدث هو استخدام المحارق ذات القنوات الدقيقة والتى عززت من استخدام دوران الهواء الساخن ودفعه بقوة نفاثه داخل المحارق ليعطى لهبا افضل وخلطا جيدا لنواتج الاحتراق وبالتالى ادت هذه العملية للحصول على تجانس جيد للحرارة واستبدال العدد الكبير من المواقد الصغيرة التى اضطر لها بعدد قليل من المحارق (عادة تصل الى واحد) توضع فى اماكن استراتيجية . بسطت هذه التقنية صناعة الافران وسمحت باستخدام اجهزة التحكم الحديثة التى ساهمت ايضا فى تحسينها وتطورها .

هناك خطوات اخرى اخذت فى هذا المجال حيث صممت محارق لها القدرة على استقبال الخليط الجيد للهواء والغاز قبل ادخالها لغرفة الاحتراق واخرى صممت على اساس اتمام عملية خلط الهواء والغاز داخل قنوات مخصصة لهذا الغرض يتم بداخلها الاحتراق وتدفع الغازات الساخنة الناتجة بسرعة عالية وبدرجة حرارة قريبة من درجة حرارة اللهب نفسه .

اصبح التركيز لدى المصممين فى هذا المجال على حل مشكلة نقل الحرارة من الغازات الساخنة المدفوعة الى المواد المسخنة بعد ان كانت مخاوفهم من تأثرها بنواتج الاحتراق . وبصنع الافران ذات الحجم الصغير تم الحصول على الانتقال الجيد للحرارة بالحمل وفى وقت تسخين قصير جدا واذا ماأضيف الى ذلك استخدام اندفاع تيار الغازات لسحب واعادة دوران الهواء الساخن يمكن الحصول على زيادة فى انتقال الحرارة وتقليل الفارق فى درجات الحرارة . ساهم هذا التصميم فى تطور صناعة افران التسخين السريع مثل تسخين مادة الحديد الى درجة الحرارة التى تسمح بتشكيله بالطرق ، وصناعة المحارق الخاصة بالتسخين المركز . ويمكن توضيح بعض الامثلة عن التطور التقنى للمواقد التى تستخدم فى تطبيقات درجات الحرارة العالية كالتالى :

1) الخزف المليف :

المقارنة **المقابلة** توضح التباين بين خواص الخزف المليف والمواد الاخرى العازلة التى تستخدم فى صناعة الافران ذات الحرارة العالية .

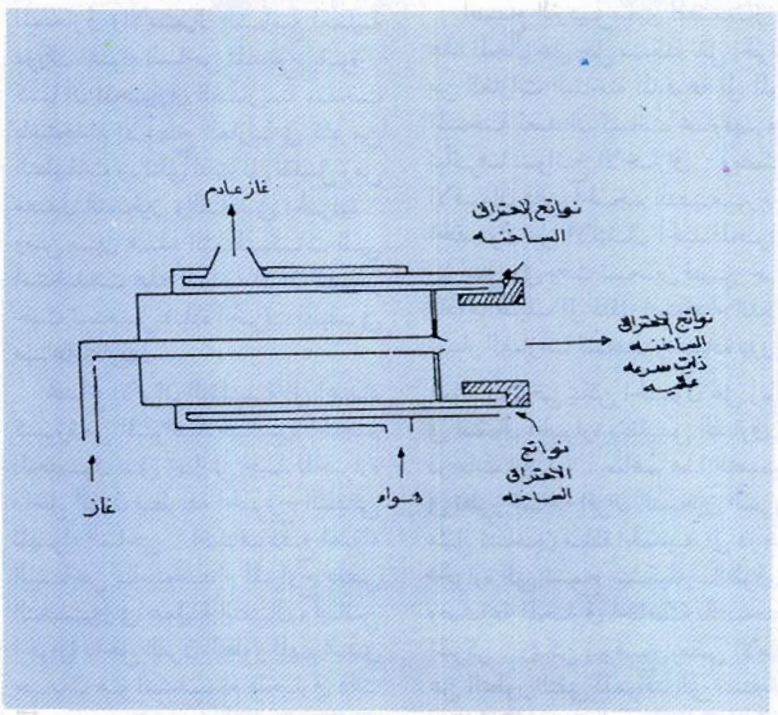
وللحصول على نفس القدر من مستوى العزل فان حوائط الخزف المليف تكون اقل سمكا من حوائط الأجر المقاوم للحرارة الذى يستعمل فى بناء الأفران مع ملاحظة انها ايضا اقل كثافة . وبما أن كليهما ذو حرارة نوعية متقاربة فان السعة الحرارية لحوائط الخزف المليف اقل بمقدار العشر .

النسبة المئوية لاكسيد الالمونيوم	آجر مقاوم للحرارة	الخزف المليف
	40 ـ 40	95 ـ 45
درجة حرارة الاستخدام	1650 ـ 1250 م	1600 ـ 125م
متوسط الحرارة النوعية	1100 جول/كجم م	100 جول/كجم م
الكثافة	1250 ـ 950 كجم/	100 ـ 95 كجم / م/
درجة التوصيل	0.59 ـ 0.36 وات/م.م	0.2 ـ 0.1 وات/م.م

2) مواقد استرداد الحرارة :

تستعمل مواقد التعويض الذاتى فى جميع مجالات الصناعة التى تحتاج عمليات تشغيلها الى الحرارة المرتفعة حيث ساهمت فى تخفيض الاستهلاك فى الطاقة الى حوالى 30 بالمائة اضافة الى الزيادة فى الانتاج . ميزة هذا النوع من المواقد انه يجمع بين اخراج تلقائى للهواء الساخن والتبادل الحرارى للغاز والهواء لتعملان كوحدة واحدة داخل الموقد . وللعمليات التى تنتج عنها انبعاثات ملوثة فقد صممت الافران الاسترجاعية واجريت عليها التحسينات لتصبح صغيرة الحجم وطورت عملية استرجاع الهواء الساخن بدلا من الطريقة التقليدية المستعملة فى الاحواض الزجاجية وافران الحديد المفتوحة .

من مزايا الغاز الطبيعى هى امكانية استخدامه فى عمليات التسخين المباشر دون الحاجة الى سطح عازل يستخدم عادة لتفادى ملامسة نواتج الاحتراق للمواد المسخنة ، هذه الميزة مكنت من الوصول بالهواء المسترجع الى اعلى درجة حرارة ممكنة تصل الى 1200 درجة مئوية ليصل الاقتصاد فى الحرارة الى 160 بالمائة (شكل 1) .

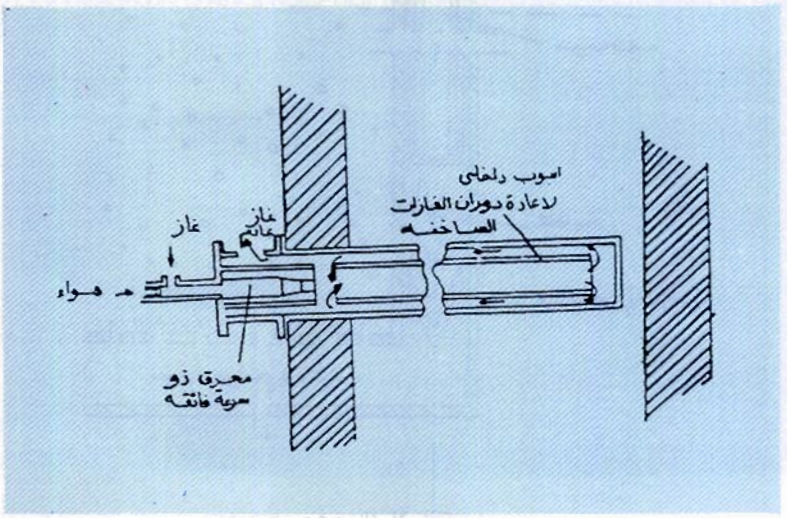


شكل رقم (1) محارق الاسترداد

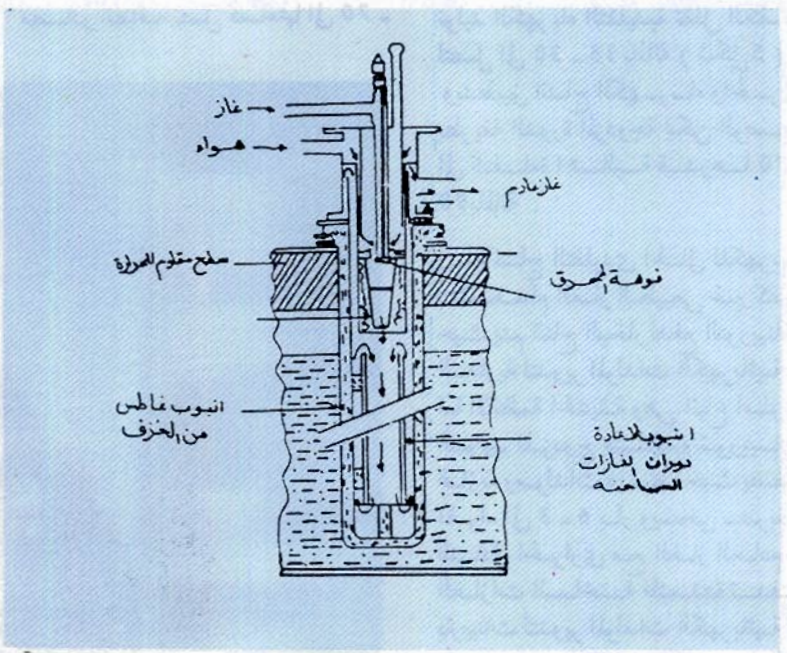
3) الانابيب المتوهجة

تطورت مواقد الانابيب المتوهجة خلال السنوات الماضية باستخدام خاصية دفع الغازات الساخنة

للحصول على تجانس فى درجات الحرارة ومعدل عال لتنقلها (شكل 2) . استخدمت هذه الخاصية ايضا فى تطور انواع اخرى من معدات شبيهة مثل الانابيب الغاطسة لاذابة المعادن غير الحديدية وفى عمليات الطلاء بالزنك . التسخين الداخلى بهذه الطريقة يسمح ببناء احواض من مادة فخارية وبذلك يمكن الحصول على عمر اطول للاحواض وكفاءة عالية تصل الى 65 بالمائة (شكل 3) .



شكل رقم (2) محارق الانابيب المتوجهة



شكل رقم (3) انابيب الخزف الغاطسة

4) التسخين السريع :

عرفت صناعة الافران التقليدية بضخامة تركيباتها وبطء زمن معدل رفع درجة الحرارة وضرورة تشغيلها برؤوس ذات حرارة منخفضة الامر الذى ادى الى انخفاض كفاءتها والسبب فى العديد من المشاكل مثل الترسبات داخل الافران وغيرها ، لهذا كانت الحاجة الى افران اقل حجما وذات استجابة سريعة تسمح بنقل الحرارة بالحمل من حركة الغازات السريعة الى المواد المسخنة مع امكانية التحكم فى معدل الحرارة بتشغيل المواقد بالكيفية المناسبة . اعلى معدلات الحمل الحرارى يمكن الحصول عليها بدفع الغازات الساخنة داخل أفران ذات القنوات أو تكييف شكل الافران بما يناسب المواد المسخنة . تسمح هذه الطرق بالحصول على كفاءة تتراوح بين 5 الى 20 بالمائة ويمكن رفعها لتصل الى 50 بإضافة معدات استرجاع الحرارة داخل الافران .

(ب) تطبيقات درجات الحرارة المنخفضة :-

1) توليد البخار :

عند مقارنة خواص الغاز الطبيعى مع الفحم والزيت لغرض توليد البخار تتجلى العديد من المزايا منها ان نسبة الهيدروجين الى الكربون فى الغاز الطبيعى (0 . 32) ضعف ماهى عليه فى زيت الوقود المتوسط وسبعة أضعاف نفس النسبة فى الفحم . ولذلك نجد ان نسبة بخار الماء فى نواتج حرق الغاز الطبيعى اعلى منها فى نواتج حرق الوقود الاخرى الامر الذى ينتج عنه ارتفاع

نقطة الندى للغاز . من ذلك يتضح انه عنـد استخـدام الغـاز الـطبيعى فى عمليـات الحرق فـان الكفاءة الحـرارية تكون مرتفعة نتيجة الحرارة الكامنة التى يحتويها بخار الماء .

2) احلال محل البخار :

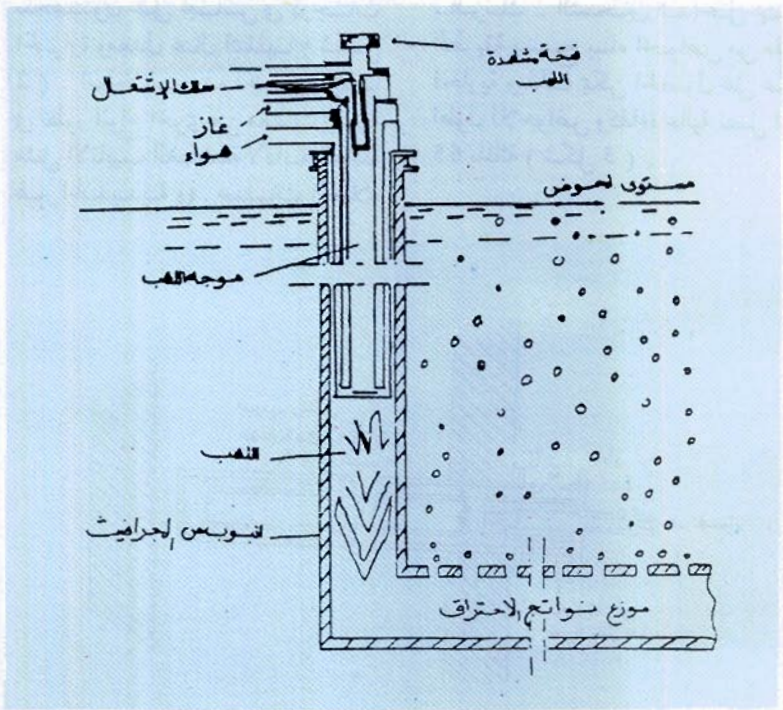
كـما ذكـر سلفـا اصبح من الممكن مـلامسـة اللهب لاحـواض التسخـين مبـاشرة عند استخـدام الغاز الـطبيعى ولذلك صممت مواقد الحرق الغاطسـة (شكـل 4) حيث تتحـرر الحـرارة من المواقد على شكل فقاعات صغيرة تنتقل الى أحواض التسخين بكميـات كبيرة ، الاسـطح الكبيرة تسـاعـد عـلى سرعـة انتشار الحرارة من الموقد الى الحوض .

3) الـدورة المـزدوجـة لانتاج الكهرباء والحرارة :

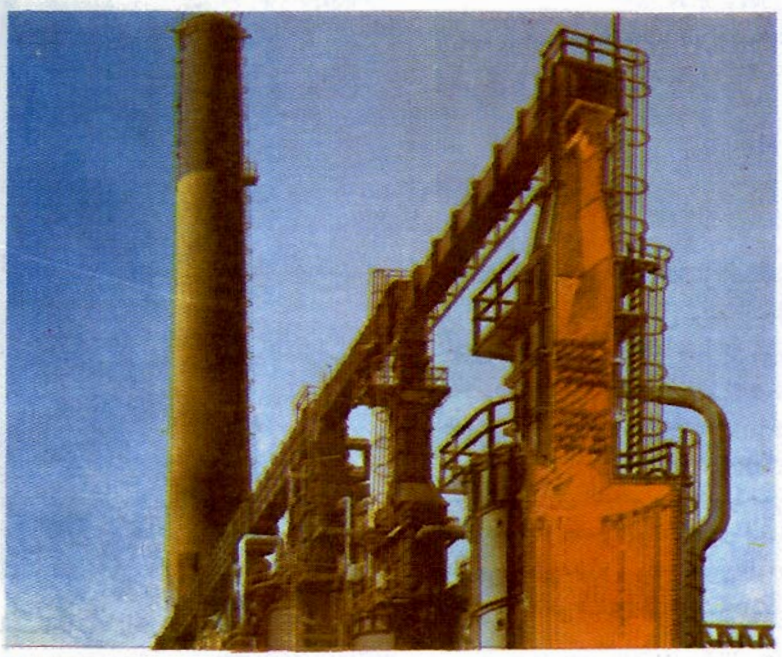
ظهـرت فكـرة الانتـاج المـزدوج للكهرباء والحرارة من الحقيقة التى تفيد انـه رغم أن عمليـة انتـاج الحـرارة من مصـادر الطاقـة تصل كفـاءتها الى 70 - 90بالمائة الا ان فاقد التحويل فى انظمة توليد الكهرباء التقليدية تقلل الكفـاءة لتصل الى 30 - 35 بالمائة (شكل 5) .

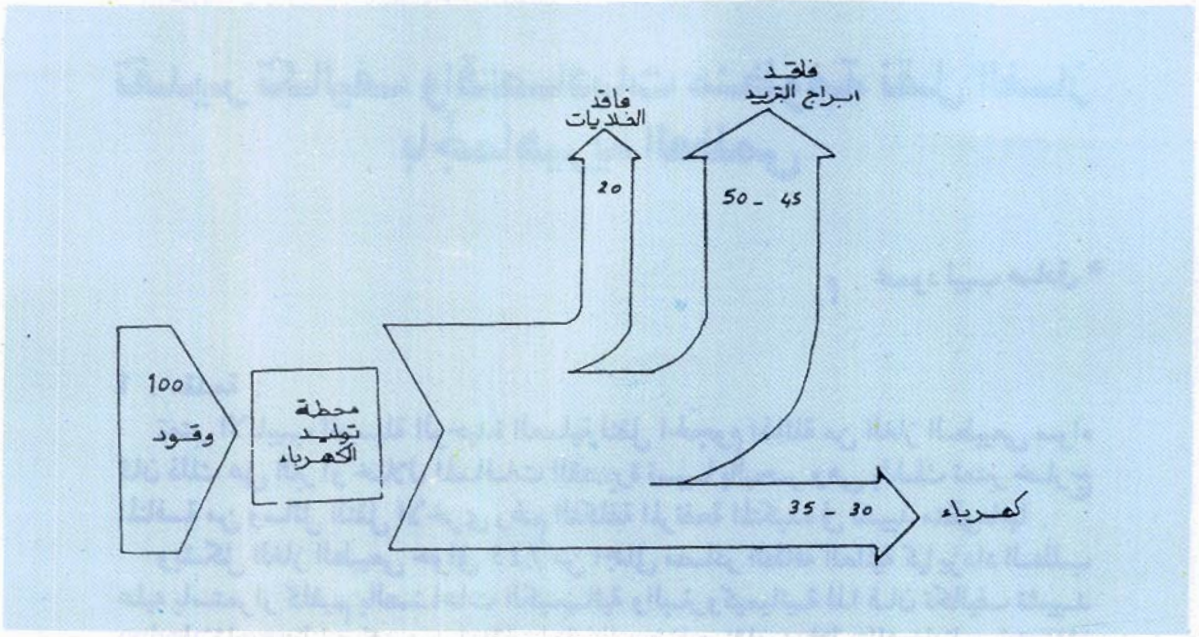
وبتـطبيق انتـاج الكهـربـاء والحـرارة بطريقة الدورة المزدوجة يمكن الوصـول الى كـفـاءة اجمـاليـة قـدرهـا 70 - 90بالمائة .

الانتـاج التقليدى الحـالى للكهربـاء بـاستخـدام الغـاز الـطبيعى غـير كفء حيث يتم انتاج البخار لدفع التوربينات البخارية لتدوير المولدات الكهربائيـة . اما الانظمة الحديثـة وهى اتباع اسلوب التـوليد المـزدوج فتستخدم تـوربينـات غـازية ومـولدات مبسـطة حيث يضغط الهـواء الى 3 - 6 بـار ويسخن بـطريقـة التبـادل الحـرارى مـع الغـاز العـادم . الغـازات السـاخنـة المتمـددة تـدفـع بتربينات لتدوير المولدات الكهربائيـة . ومـع استخـدام المحـرك الـترددى فـان الحرارة التى كانت تفقـد فى مياه التـبريد

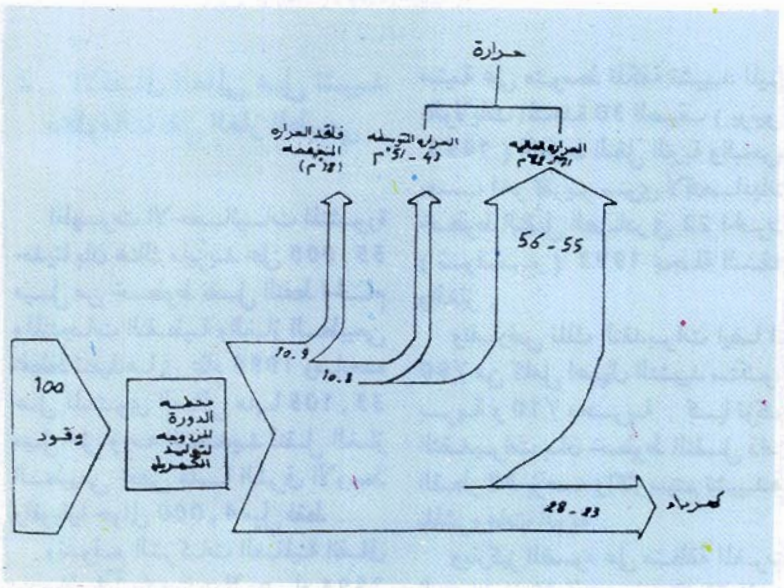


شكل رقم (4) نظام لاحتراق مغمور





شكل رقم (5) رسم تخطيطى لمحطة توليد كهرباء تقليدية



شكل رقم (6) رسم تخطيطى لمحطة توليد كهرباء بطريقة الدورة المزدوجة .

تبقى كامنه بالغاز العادم (400 ـ 500 درجة مئوية) وبالتالى يمكن استرجاع هذه الحرارة واستخدامها لانتاج البخار لتشغيل توربينات اخرى لتوليد كهرباء اضافية أو الاستفادة منها فى تطبيقات تحتاج الى حرارة منخفضة مثل التدفئة وغيرها .

استخدم نظام الدورة المزدوجة فى محطات كبس الغاز حيث يتم الاستفادة من الحرارة الكامنة للغاز العادم الخارج من التوربينات الغازية لتوليد بخار بمواصفات أبخرة تشغيل التوربينات البخارية وبالتالى يستخدم اما لدفع كابسات الطرد المركزى للغاز الطبيعى أو لتوليد الكهرباء .

تنتج محطات كبس ركبت بالاتحاد السوفيتى سابقا والتى تستخدم طريقة استرجاع الحرارة المهدورة كميات من البخار تتراوح من 13 الى 33 طن فى الساعة وبدرجة حرارة 207 ـ 320 درجة مئوية وضغط 5ـ 16 بار وبذلك يمكن الوصول بكفاءة اجمالية لمحطة الكبس من 75 ـ 80 بالمائة .

المراجع

1 - Prichard R , Guy J and Conner N Industrial Gas utilisation Engineering principles & practice

2 - Cross P and prichard R Gas Sale For Industry Technogy , Economics and Inter - fuel Competition NG6 notes College of Petroleum Studies , Oxford