تمارين

1-ما الحاجة لاستخدام المضخات التوربينية والغاطسة؟ وما هي أهم الفروق بينهما من حيث مدى التشغيل؟

تستخدم المضخات التوربينية والغاطسة في مجال الري لضخ الماء من الآبار العميقة

م	المضخة التوربينية ذات العمود الطويل	المضخة الغاطسة
1	ارتفاع كفاءة المحرك- انخفاض الفاقد في كابل الكهرباء- زيادة فاقد الاحتكاك في محامل عمود الإدارة نظراً لطوله.	كفاءة المحرك منخفضة نسبياً- ارتفاع الفاقد في كابل الكهرباء نظراً لطوله- انخفاض فاقد الاحتكاك في المحامل.
2	سهولة الوصول إلى المحرك ومحامل الدفع ومجموعة الحبك.	صعوبة الوصول إلى المحرك ومحامل الدفع ومجموعة الحبك وكابل الكهرباء.
3	سرعة المحرك بطيئة نسبياً (1500rmp) أو أقل لذا فمعدل البري والتآكل منخفض.	سرعة المحرك سريعة نسبياً (3000rmp) لذا فمعدل البري والتآكل عالي.
4	عمق أقل نسبياً 200 قدم كحد أقصى.	عمق أكبر نسبياً حتى 1200 قدم.
5	تحتاج لاستقامة البئر نظراً لاستقامة المضخة.	تتماشى مع بعض الانحناءات على طول البئر.
6	تحتاج وقت طويل لتثبيتها في البئر.	تحتاج لوقت قصير لتثبيتها.
7	تحتاج لضبط وضع العضو الدوار قبل بدأ التشغيل.	لا تحتاج لعملية الضبط.
8	تكلفتها قليلة نسبياً.	تكلفتها عالية نسبياً.

2- أكمل:

- تتكون المضخة التوربينية من مضخة طاردة مركزية ذات عضو دوار من النوع مختلط السريان

- تجهز أحد مراحل المضخة التوربينية أو الغاطسة بمجموعة نواشر عند مخارج العضو الدوار لضمان إنسيابية سريان الماء إلى المرحلة التالية.

3-اختر الإجابة الصحيحة:

- يثبت محرك المضخة التوربينية (أعلى البئر- داخل البئر- أدنى البئر).

- يثبت محرك المضخة الغاطسة (أعلى البئر- داخل البئر- أدنى البئر).

- العضو الدوار في المضخة التوربينية (مغمور في ماء البئر- خارج ماء البئر).

- نوع محرك المضخة الغاطسة (احتراق داخلي- كهربي).

4- اذكر الثلاث مجموعات الرئيسية التي تتكون منها المضخة التوربينية أو الغاطسة.

1- مجموعة الرأس Head Assembly.

2- مجموعة عمود الصرف Column Pipe Assembly.

3- مجموعة الطاسة Bowl Assembly.

5- اذكر مكونات مجموعة الرأس في المضخة التوربينية.

أ- مجموعة الرأس:

تتكون مجموعة الرأس من- كوع الطرد- محرك الإدارة الكهربي أو مجموعة تروس نقل الحركة في حالة محرك الديزل- دعامة تثبيت- صندوق مانع التسرب- مجموعة التزليق في حالة العمود المزلق بالزيت.

تصنع الرأس غالباً من الحديد الزهر وتستخدم لتثبيت محرك الإدارة الذي يزود غالباً بمحمل دفع لحمل مجموعة العمود والأجزاء الدوارة، كما تزود الرأس بصامولة لضبط الخلوص بين الأعضاء الدوارة وغلاف الطاسة عن طريق رفعه أو خفضه. كما تزود الرأس في حالة التزليق بالزيت بمزيتة وآلية لشد أنبوب التغليف بعد التركيب لضمان استقامة المحامل، أما في حالة التزليق بالماء فتزود بصندوق مانع لتسرب الماء.

6- اذكر مكونات مجموعة عمود الصرف في المضخة التوربينية أو الغاطسة؟

تتكون المجموعة من عمود الصرف وعامود الإدارة والمحامل بالإضافة على أنبوب التغليف في حالة التزليق بالزيت لكي يحمل الزيت إلى كافة المحامل بفعل الجاذبية،

يُصنع عمود الإدارة من الصلب عالي الإجهاد (مجلخ ومصقول لتقليل الاحتكاك في المحامل) بأطوال ثلاثة أمتار (وهي نفس طول عمود الصرف) وتتصل فيما بينها بوصلات مقلوظة، أما أنابيب التغليف في حالة التزليق بالزيت فتكون بأطوال متر ونصف تثبت بطرفيها محامل عمود الإدارة.

تُصنع محامل عمود الإدارة من سبيكة البرونز وتزود بمجاري حلزونية للزيت في حالة التزليق بالزيت، أما في حالة التزليق بالماء فتزود عند نهايتها بمادة مطاطية مسامية لحجز الرمل والحصى.

7- اذكر مكونات مجموعة الطاسة في المضخة التوربينية أو الغاطسة.

تتكون مجموعة الطاسة، كما يتضح من شكل (1.23) من عمود دوار ذو سريان مختلط يدور داخل غلاف يسمى بالطاسة (Bowl)، وللمضخة طاسة واحدة أو مجموعة طاسات بعدد مراحل المضخة، تسمى بالطاسات البينية (Intermediate Bowls) حيث تتصل برأس انسيابي عند مدخل المضخة وتنتهي بالطاسة العليا عند مخرج المضخة.

تعمل الطاسة بمثابة موجه لسريان الماء الخارج من العضو الدوار لإحدى مراحل المضخة ليكون في اتجاه محور العضو الدوار للمرحلة التالية (تذكر أن الماء يخرج من العضو الدوار في اتجاه يصنع بينه وبين محور المضخة زاوية معينة).

تشمل مجموعة الطاسة أيضاً كراسي المحمل وعامود إدارتها وحلقات الحبك بين العضو الدوار والطاسة.

8- أكمل:

- المضخة هي .....

- تشتمل المضخات ذات الإزاحة الموجبة على نوعين هما الترددية والدوارة.

- يتم فتح الغرف قبل بدء التشغيل للمضخات الموجبة.

- تصنف المضخات الترددية إلى

أ- تصنف تبعاً لتأثير الضخ خلال مشواري الحركة الترددية إلى:

1- أحادية التأثير.

2- ثنائية التأثير.

ب- تصنف تبعاً لعدد الاسطوانات إلى:

1- أحادية الاسطوانة.

2- ثنائية أو ثلاثية الاسطوانة.

ج- تصنف تبعاً لوجود إناء هوائي إلى:

1- مضخات ذات إنهاء هوائي.

2- مضخات بدون إناء هوائي.

- تتركب الطلمبة الترددية من على مكبس يتحرك حركة ترددية داخل اسطوانة في مشوارين (سحب، طرد)

- المضخة الطاردة المركزية هي مضخة تدور فيها ريش مروحية داخل غلاف

9- تكلم بإيجاز عن طريقة تشغيل الطلمبة الطاردة والطلمبة الترددية.

تتكون المضخة النابذة من دفاعه تشبه المروحة (Impeller) بها فتحة دخول عند مركزها، كما ذكرنا ويجرى تركيبها بحيث تطرد السائل إلى غلاف متدرج الاتساع يوجد عند المحيط الخارجي للدفاعة، وذلك نتيجة تولد قوة الطرد المركزي، وعندما يترك السائل الدفاعة يكون قد اكتسب سرعة عالية، وتكون وظيفة الغلاف تحويل طاقة السرعة الى طاقة ضغط فيزداد ضغط السائل في مقابل تقليل سرعته.

10- اذكر مميزات وعيوب استخدام المضخات الدورانية والمضخات النابذة موضحاً أهمية ذلك بالصناعات لبترولية والكيماوية.

1- تشغل حيزاً ووزناً صغيراً مقارنة بحجم التصرف.

2- سهلة الصيانة حيث يمكن استبدال الريش والجلب أو المحامل (الرولمان بلي)، عند تآكلها أو تلفها.

3- التدفق فيها منتظم وغير نابض.

4- كراسي عمود الدوران مصممة بحيث تكون معزولة عن السائل الذي يتم ضخه وبالتالي لا تتأثر المزلقات (زيوت أو شحوم) لكراسي عمود الدوران بالسائل.

5- ذات كفاءة تشغيل عالية.

ولكن من عيوبها:

ليست ذاتية التحضير وإن كان من الممكن تزويدها بتجهيزات إضافية لهذا الغرض.

11- ما هي العوامل التي تؤثر على أهمية اختيار المضخة للقيام بوظيفتها حسب طبيعة المادة المراد ضخها؟ وكذلك العوامل حسب عمل المضخات المختلفة.

والعوامل التي تؤثر على اختيار نوع المضخة للقيام بوظيفتها حسب طبيعة المادة المراد ضخها من حيث:

1- لزوجة السائل.

2- وجود شوائب أو مواد صلبة تسبب زيادة الاحتكاك.

3- درجة حرارة السائل.

4- نوع السائل من حيث أنه يسبب التآكل أم لا.

وأيضاً يتم اختيار المضخة وفقاً لمتطلبات التشغيل الذي على أساسه يتم اختيارها من حيث:

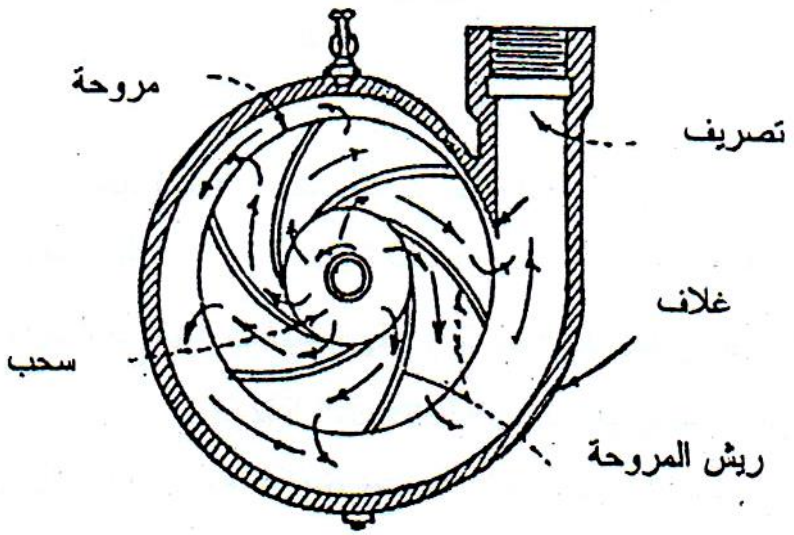
1- مقدار وكمية السائل المراد ضخه (قدرة المضخة).

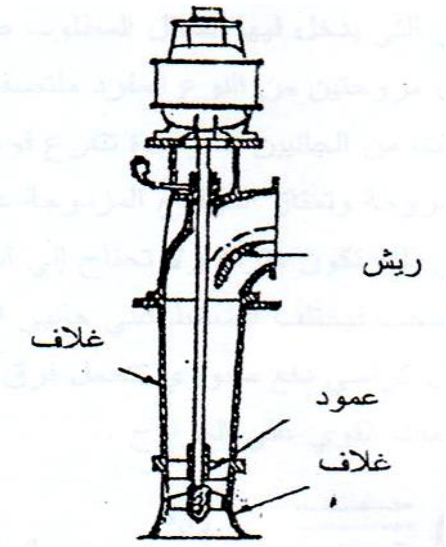
2- مقدار الضغط للتغلب على الارتفاع الذي يجب أن يصل إليه السائل المراد ضخه او الحمل المراد رفعه او دفعه.

3- وضع السائل المراد ضخه بالنسبة للمضخة، سحب من أعماق أو من أسفل تانك حيث يعلو السائل المضخة.

12- اشرح مع الرسم كيفية عمل المضخات الآتية ؟

- المضخة الطاردة المركزية- المضخة المروحية (المحورية).





13- اختر للعمود (أ) ما يناسبه من العمود (ب) ثم أكتب الجملة كاملة:

أـ من أنواع المضخات	أـ السوائل التي تحمل مواد صلبة.
ب- يمكن استخدام المضخات الطاردة المركزية لتداول.	ج- الطاردة المركزية والمحورية.
ج- تتركب المضخة الترددية من	د- مكبس واسطوانة.
د- تتركب المضخة الطاردة المركزية من.	هـ غلاف ومروحة.

أـ جـ ، ب ـأ ، جـ ـ د ، د ـ هـ

14- ضع علامة (✓) أمام العبارات الصحيحة وعلامة (✗) مام العبارات الخاطئة مع تصويبها:

أـ قد يستعاض عن المكبس في المضخة الترددية بغشاء ( )

رقيق.

ب- تعتبر الطلمبة المحورية (المروحية) من الطلمبات ذات الإزاحة الموجبة. ( )

ج- تعتبر المضخة الترددية من نوع المضخات الموجبة الإزاحة. ( )

د- تستعمل الطلمبات الدوارة في نقل السوائل الثقيلة والنظيفة. ( )

هـ- تتكون الدوارة من مكبس واسطوانة. ( )

و- تتكون المضخة الترددية من جسم صغير يحتوي على تروس أو ريش. ( )

ز- الطلمبات الموجبة تعطي تصرفاً ثابتاً ما دامت تدور بسرعة ثابتة. ( )

ح- المضخة الترددية تعطي عالي. ( )

15- ماهي أهمية الأفران

تعتبر الأفران في مصانع تكرير البترول من الأجهزة الأساسية التي توفر الطاقة الحرارية اللازمة لإجراء العمليات المختلفة التي من أهمها عمليات التقطير الأولى للبترول والمازوت وفي عمليات التقطير الثانوي والتكسير الحراري وعمليات الحفر وتنقية المنتجات البترولية وغيرها.

16- تناول بالشرح أنواع الوقود المستخدمة في الأفران ؟ وما هي العوامل التي يتوقف عليها استخدام نوع الوقود ؟

يستخدم بالأفران نوعان من الوقود- وقود غازي أو وقود سائل- ويتوقف استعمال أي منهما أو كلاهما على حسب تصميم الفرن وسعته ونوع اللمبات المستخدمة، فالوقود الغازي (Gaseous Fuel) يعتبر من أكثر الأنواع استخداماً في الأفران بمعامل تكرير البترول، وهو إما غاز طبيعي منقول من مناطق الآبار أو غازات ناتجة من أجهزة التكسير و التحسين أو التقطير وخلافه.

والوقود الغازي عامة أسهل في الاحتراق ولا يحتاج إلى أجهزة معقدة، ولكن من عيوبه أنه عند احتراقه يكون ذو لهب طويل وخاصة إذا كانت الغازات جافة (بمعنى خلوها من الهيدروكربونات السائلة في الدرجة العادية)، ويلاحظ أن الغازات الرطبة (Wet Gasses) لها توهج كالوقود السائل، ولذا فهي أكثر إشعاعاً من الغازات الجافة.

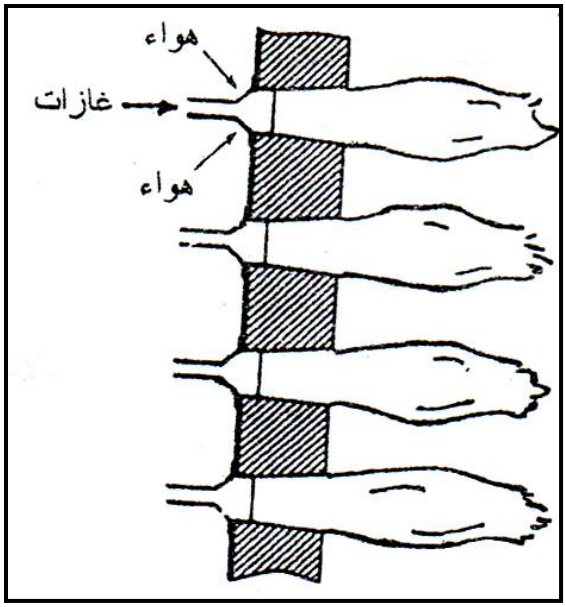
وأما عن الوقود السائل (Liquid Fuel) فإن من أهم أنواعه زيت البترول الخام الذي يستخرج من الآبار- ولا يمكن استعماله وهو على هذه الصورة التي يخرج

عليها من باطن الأرض- ولاستخراج مختلف المنتجات البترولية المستعملة في الأغراض العادية المختلفة فإنه تجرى على البترول الخام عمليات تكرير لاستخلاص منتجات تستخدم كوقود في مختلف الأغراض مثل البنزين: الكيروسين، السولار، زيت الديزل- وأهم المنتجات المستخدمة كوقود بالأفران هو المازوت (وزنه أثقل من الوزن النوعي للديزل نقاوته أقل)، ويعتبر المازوت خليطاً من زيت الديزل والشحومات والأسفلت- والمازوت هو الناتج المتبقي في برج تقطير البترول ويستخدم في الأفران وفي مولدات البخار- وهذا النوع من الوقود يحتاج إلى أجهزة لتذريته.

17- ماهي استخدامات الحوارق ؟ ثم ارسم شكلا تخطيطيا للمبات ؟

الحوارق (اللمبات) Burners المستخدمة في حرق الوقود بالأفران وهي تركب إما فرادى أو مجمعة كما بالشكل- ويتم في هذه اللمبات عمليات المزج.

والمزج يكون إما خارجي حيث يدخل الزيت أو المازوت والبخار ذو السرعة العالية كل من فتحة ليتم الاحتراق، بينما في المزج الداخلي يمزج البخار والوقود في حجرة داخل اللمبة ويمزج من فتحة واحدة إلى فونيه على هيئة ضباب معتم تام الخلط وهو ما يسمى بالتذرية (Spraying).



شكل (2.1) لمبات الاشتعال

18- ماهي الاحتياطات الواجب مراعاتها لكي يحدث الاحتراق الكامل للمازوت ؟

1- يجب أن يكون الوقود ساخن بدرجة كافية وهي درجة الاشتعال.

2- يجب توفير قدر كاف من الهواء لإحداث الاحتراق الكامل مع إضافة زيادة تتراوح من 5-10% من الهواء اللازم للاحتراق.

3- يجب عمل مزج تام بين كل من جزئيات الوقود لضمان الاحتراق الكامل.

4- يجب تذرية الوقود السائل داخل أجهزة لاحتراق ليتحول إلى رذاذ دقيق لضمان الكفاءة العالية لعملية الاحتراق.

5- تصميم أجهزة الاحتراق بطريقة تضمن الاحتراق الكامل والسريع بما يقلل تلوث الهواء بالعادم الناتج من الاحتراق إلى أقل مستوى ممكن.

19- ما هي طرق انتقال الحرارة بأجهزة ومعدات احتراق الوقود ؟

وكما نعلم من علم انتقال الحرارة بأجهزة ومعدات احتراق الوقود تتم بثلاثة طرق هي:

أ- انتقال الحرارة بطريق الحمل (Convection).

ب- انتقال الحرارة بطريق الإشعاع (Radiation)

ج- انتقال الحرارة بطريق التوصيل (Conduction).

فأن أكثر الأفران شيوعاً هي التي تعمل بطريق الحمل أو الإشعاع أو الاثنين معاً.

وفيما يلي نتناول العوامل التي تؤثر على الانتقال الحراري بالحمل أو الإشعاع.

20- ما هي العوامل التي يعتمد عليها انتقال الحرارة بالحمل لمائع يتدفق خلال أنابيب:

1- الخواص الفيزيقية للمائع (اللزوجة، الكثافة، الموصلية الحرارية، السعة الحرارية).

2- معدل تدفق المائع.

3- شكل سطح التلامس مع المائع.

4- خشونة جدران الماسورة التي يتدفق خلالها المائع.

21- ما هي العوامل التي يعتمد عليها مقدار انتقال الحرارة بالإشعاع بين جسمين:

1- مساحة الأسطح المعرضة للإشعاع.

2- درجة الحرارة لكل من الجسمين.

3- معامل الامتصاص الحراري للأسطح ويحدد معملياً.

هذا بالإضافة إلى العوامل التي تؤثر على الإشعاع من اللهب على الأنابيب وهي:

أ- درجة حرارة اللهب.

ب- لون اللهب وحجمه ودرجة انتشاره.

ج- المسافة بين أسطح الأنابيب المعرضة للإشعاع ومصدر اللهب.

د- امتصاصية أسطح مادة الأنابيب للإشعاع الحراري (Emesivety).

22- عرف احتراق الوقود - القيمة الحرارية للوقود – الوقود

الاحتراق هو تفاعل كيميائي لمكونات الوقود القابلة للاشتعال مع الأكسجين وانطلاق كمية كبيرة من الحرارة.

القيمة الحرارية للوقود:

هي كمية الطاقة الحرارية الناتجة عن احتراق وحدة الأوزان من الوقود الصلب أو السائل (1 كيلو جرام)، أو وحدة الحجوم (متر مكعب) في حالة الوقود الغازي احتراقاً كاملاً في الهواء.

والوقود هي المادة التي تتفاعل مكوناتها مع الأكسجين وتعطي طاقة حرارية كبيرة نتيجة التفاعل.

مما يتركب الوقود ؟

ويتركب الوقود أساساً من عنصري الكربون والهيدروجين مع وجود نسبة قليلة من النيتروجين والأكسجين والكبريت وبخار الماء (رطوبة الوقود) وبعض الشوائب الأخرى.

23- ما هي الاسباب التي أدت إلى عدم استعمال الوقود الصلب ؟

- يصعب مع استخدامه الاحتفاظ بدرجة حرارة ثابتة.

- يحتاج إلى كميات زائدة من الهواء حتى مضن احتراقه احتراقاً كاملاً.

- يتكون دخان كثيف كلما أدخلت شحنة جديدة من الوقود الصلب.

- يلزم طحن الوقود الصلب إلى جزئيات صغيرة قبل استعماله لزيادة مساحة السطح المعرض لكي يحدث الاحتراق الكامل بسهولة.

- بعض أنواع الفحم ينتج عنها كميات كبيرة من المنتجات القطرانية عند الاحتراق نتيجة لعدم الاحترام التام.

24- ما هي الشروط الواجب مراعاتها لكي يحدث الأحتراق الكامل للوقود ؟

وعند استخدام الوقود السائل أو الصلب يراعى الآتي لكي يحدث الاحتراق الكامل للوقود:

1- يجب أن تكون المادة المعدة للاحتراق (الوقود) ساخنة لدرجة كافية تسمى حرارة الاشتعال.

2- توفير قدر كاف من الهواء لإحداث الاحتراق الكامل مع إضافة زيادة قدرها (5-10%) من الهواء اللازم للاحتراق.

3- عمل خلط كامل لجزئيات الوقود والهواء لضمان الاحتراق الكامل.

4- أن يدخل الوقود السائل إلى أجهزة الاحتراق على شكل رذاذ من قطرات دقيقة لضمان الكفاءة العالية لعملية الاحتراق.

5- تصميم أجهزة الاحتراق بطريقة تضمن الاحتراق الكامل والسريع للوقود.

حسابات احتراق الوقود

والجزء التالي يوضح معدلات احتراق بعض عناصر الوقود والتي على أساسها يمكن حساب كميات الأكسجين/ الهواء اللازمة.

عملية احتراق الكربون:

عند احتراق الكربون إلى ثاني أكسيد الكربون:

$$C + O_2 \longrightarrow CO_2$$

$$1Kg\ of\ C + \frac{8}{3}\ Kg\ of\ O_2 \longrightarrow \frac{11}{3}\ Kg\ of\ CO_2$$

أي أنه في حالة احتراق الكربون إلى ثاني أكسيد الكربون نجد أنه يلزم لحرق كيلو جرام من الكربون $\frac{8}{3}$ كيلو جرام من الأكسجين لينتج $\frac{11}{3}$ كيلو جرام من ثاني أكسيد الكربون.

وينتج عن ذلك توليد حرارة تقدر بحوالي 33.7 ميجا جول/ كيلوجرام.

كذلك عند احتراق الكربون إلى أول أكسيد الكربون:

$$2C + O_2 \longrightarrow 2CO$$

$$1Kg + \frac{3}{4}\ Kg \longrightarrow \frac{7}{3}\ Kg$$

أي أنه في حالة احتراق الكربون إلى أول أكسيد الكربون نجد أنه يلزم لحرق كيلوجرام من الكربون $\frac{3}{4}$ كيلوجرام من الأكسجين لينتج $\frac{7}{3}$ كيلوجرام من أول أكسيد الكربون- وينتج توليد حرارة تقدر بحوالي 10.5 ميجا جول/ كيلو جرام.

عملية احتراق الهيدروجين إلى بخار ماء:

$$2H_2 + O_2 \longrightarrow H_2O$$

$$1Kg + 8\ Kg \longrightarrow 9Kg\ of\ H_2O$$

أي أن كيلو جرام من الهيدروجين يحتاج إلى 8 كيلوجرام من الأكسجين لينتج 9 كيلو جرام من بخار الماء وتتولد طاقة حرارية قدرها 65.46 ميج جول/ كجم.

عملية احتراق الكبريت إلى ثاني أكسيد الكبريت:

$$S + O_2 \longrightarrow SO_2$$

$$1Kg + 1Kg \longrightarrow 2Kg$$

والحرارة المعطاة هنا تساوي تقريباً 9.1 ميجا جول/ كجم.

ومن المعادلات السابقة للاحتراق نجد أن:

1- الكربون يحتاج إلى $\frac{8}{3}$ مرة من كتلته من الأكسجين للاحتراق الكامل.

2- الهيدروجين يحتاج إلى 8 مرات من كتلة من الأكسجين للاحتراق الكامل.

3- الكبريت يحتاج إلى نفس كتلته من الأكسجين للاحتراق الكامل.

وإذا اعتبرنا أن الاحتراق التام لواحد كيلو جرام من الوقود المكون من:

- الكربون (C) كجم.

- الهيدروجين (H) كجم.

- الكبريت (S) كجم.

- الأكسجين (O) كجم.

والباقي كمية لا تحترق منه.

حيث O, S, H, C تمثل النسبة الوزنية لعناصر الكربون، الهيدروجين، الكبريت، الأكسجين على الترتيب.

∴ كتلة الأكسجين اللازم لحرق (C) كجم = $\frac{8}{3}$ C كجم.

، كتلة الأكسجين اللازم لحرق (H) كجم = 8H كجم.

، كتلة الأكسجين اللازم لحرق (S) كجم = 1S كجم.

وحيث أن الوقود يحتوي بالطبع على جزء من الأكسجين والذي يفترض أنه يدخل ضمن التفاعلات اللازمة للاحتراق.

∴ كمية الأكسجين المطلوبة لعملية الاحتراق الكامل لواحد كيلوجرام من الوقود يحتوي على النسب الوزنية O, S, H, C هي:

$$[\ \frac{8}{3}\ C + 8H + 1S - O\ ]\ \ldots\ Kg$$

ويجب أن نعلم أن الأكسجين اللازم لاحتراق الوقود يستمد من الهواء الجوي- وهذا الهواء يحتوي على 23% من وزنه أكسجين والباقي 77% نتروجين وغازات أخرى بنسب ضئيلة جداً يمكن إهمالها.

$$= \frac{100}{23}\ [\ \frac{8}{3}\ C + 8H + S - O\ ]\ \ldots\ Kg$$

مثال:

فحم يتكون من النسب الوزنية التالية: 80% كربون، 4.6% هيدروجين، 3% أكسجين والباقي رماد- فإذا كان كيلوجرام واحد من هذا الفحم يحترق بواسطة هواء زائدبنسبة 20%، فالمطلوب تعيين كتلة الهواء المستخدم في الاحتراق بفرض أن

الهواء الجوي يحتوي على 23% أكسجين.

الحل

∴ كمية الهواء اللازمة لاحتراق واحد كيلوجرام من الوقود:

$$= \frac{100}{23} \left[\frac{8}{3} C + 8H + S - O \right] \ldots . Kg$$

$$= \frac{100}{23} \left[\frac{8}{3} \times \frac{80}{100} + 8 \times \frac{4.6}{100} + \frac{12}{100} - \frac{3}{100} \right]$$

$$= \frac{100}{23} \left[\frac{259.5}{100} \right] = 11.28 \text{ kg}$$

كمية الهواء الزائد $= 11.28 \times \frac{20}{100} = 2025Kg$

كمية الهواء الفعلية $= 11.28 \times 2.25 = 13.53Kg$

وعند تصميم أجهزة ومعدات احتراق الوقود يجب أن يؤخذ في الاعتبار تكوين مزيج تام بين جزئيات الوقود والهواء اللازم للاحتراق، لضمان حدوث الاحتراق التام وانطلاق أقصى كمية من الطاقة الحرارية، أما في حالة عدم كفاءة الخلط فإن الاحتراق يكون غير تام- حيث تحتوي غازات الاحتراق على غاز أول أكسيد الكربون (C O)، كما يمكن أن تحتوي على جزئيات كربون (C) غير محترق مما ينتج عنه نقص للطاقة الحرارية المتولدة مع تصاعد كميات كبيرة من الدخان مما يؤدي إلى زيادة تلوث الجو:

$C + O_2 \longrightarrow CO_2$ **احتراق جيد**

$C + {}^1\!/_2\, O_2 \longrightarrow CO$ **احتراق غير تام**

$C + {}^1\!/_4\, O_2 \longrightarrow {}^1\!/_2\, CO + {}^1\!/_2\, C$ **احتراق رديء**