الفصل السادس

الاحتراق Combustion

الاحتراق من وجهة النظر الصناعية هو عملية يتأكسد فيها وقود ما بسرعة نتيجة لاحتراقه بالاكسجين الموجود فى الهواء .

والاحتراق فى اوسع معانيه يمكن تعريفه بأنه تفاعل كيماوى سريع لمكونات الوقود القابلة للاشتعال مع الاكسجين حيث تكون الحرارة محسوسة وتكون ضوء ولو ان الاخير يبدو احيانا خافتا حتى يقال ان الإحتراق يحدث بلهب لا لون له .

واية مادة تتحد مع الاكسجين بحيث تحدث الإحتراق يمكن وصفها بأنها قابلة للاحتراق على حين يقال ان الاكسجين هو المساعد على الإحتراق والمواد القابلة للاحتراق هى الخشب والفحم والزيت وكافة انواع الوقود ومن ثم كانت انواع الوقود هى المواد التى يسهل اتحادها مع الاكسجين الموجود فى الهواء والمتوافرة تجاريا لإمداد الحرارة للاستعمالات الصناعية . اما المواد غير القابلة للاحتراق فليست وقودا . ومعظم هـذه المواد قد حوت فعلا إلى اكسيد كالرمل والطوب والماء . . . الخ . واهم انواع الوقود مكونة من الكربون والايدروجين بنسبة متفاوتة . اما الكبريت فهو مكون اقل اهمية . ومن الجلى اذن ان منتجات الاحتراق الكامل للوقود هو ثانى اكسيد الكربون والماء وثانى اكسيد الكبريت وقد يكون الإحتراق غير كامل ويكون الناتج اول اكسيد الكربون .

ويستمد الاكسجين اللازم للاحتراق من الهواء . ويتكون الهواء الجوى اساسا من مخلوط من غازى الاكسجين والنتروجين فلا شيء يحترق فى النتروجين وتركيب الهواء .

٢١ ٪ أ$_٢$: ٧٩ ٪ ن$_٢$ بالحجم

٢٣ ٪ أ$_٢$: ٧٧ ٪ ن$_٢$ بالوزن

وتتولد الحرارة من كافة الأجسام عند احتراقها وكمية الحـــرارة الناشئة يمكن قياسها .

قوانين الاحتراق :

١ — أن المادة المعدة للحرق يجب ان تكون ساخنة بدرجة كافية وتسمى هذه الدرجة بدرجة حرارة الإشتعال . Ignition temperature

٢ — يتعين وجود قدر كاف من الهواء .

٣ — يتعين وجود اتصال وثيق للغاية بين الوقود والهواء .

١) الاحتراق الكامل : Complete Combustion

$$C + O_2 + N_2 = CO_2 + N_2$$

$$\text{Mol wt. } 12 + 32 + N_2 = 44\ (12 + 32) + N_2$$

$$1\ \text{lb}\ 1 + \frac{32}{12} = \frac{44}{12}$$

$$1 + 2.67 = 3.67$$

. . ١ رطل من الكربون يحتاج إلى ٢٫٦٧ رطل أكسجين ليكون ٣٫٦٧ رطل ثانى أكسيد الكربون .

هذا التفاعل غير مصحوب بتغير فى الحجوم لأن حجوم الغازات قبل الاحتراق تساوى نفس الحجوم بعد الاحتراق . أى بمعنى آخر لا يوجد انكماش أو تمدد فى حجوم الغازات .

وبما أن الهواء يحتوى بالوزن ٢٣ ٪ ($أ_٢$) ، ٧٧ ٪ ($ن_٢$) .

. . وزن الهواء اللازم لحريق ١ رطل كربون احتراقا كاملا هو ١١٫٧ رطل

$$\frac{100}{23} \times \frac{32}{12} = 11.7$$

٢ ـ الاحتراق غير الكامل : Incomplete Combustion

$$2C + O_2 + N_2 = 2CO + N_2$$

Mol wt. $2\times12+32+N_2=2(12+16)+N_2$

$$24 + 32 = 56$$

1 lb $\quad 1 + \frac{32}{24} = \frac{56}{24}$

$$1 + 1.33 = 2.33$$

. . ١ رطل من الكربون تحتاج إلى ١٫٣٣ رطل أكسجين ليكون ٢٫٣٣ رطل أول أكسيد الكربون .

هذا التفاعل مصحوب بتغير فى الحجم (تمدد) لان حجوم الغازات بعد الاحتراق أكبر من حجوم الغازات قبل الاحتراق .

وزن الهواء اللازم لحريق رطل كربون احتراق غير كامل هو ٨ر٥ رطل

$$\frac{100}{23} \times \frac{32}{24} = 5.8$$

٣ ـ ولتكملة الاحتراق غير الكامل : Completion of combustion

$$2\,CO + O_2 + N_2 = 2\,2CO_2 + N_2$$

$$\text{Mol. wt}\,2(12+16)+32+N_2 = (2+32)N_2$$

$$56+32 = 88$$

$$1\ \text{Lb}\ 1+\frac{32}{56} = \frac{88}{56}$$

. . كل ١ رطل أول أكسيد الكربون يتحد مع ٥٧ر٠ أكسجين ليكون ٥٧ر٢ رطل من ثانى أكسيد الكربون .

هذا التفاعل مصحوب بانكماش فى الحجم لان حجوم الغازات قبل الاحتراق أكبر من حجوم الغازات بعد الاحتراق .

وزن الهواء اللازم لحريق ١ رطل اول أكسيد الكربون لتكملة الاحتراق إلى كامل هو ٥ر٢ رطل .

$$\frac{100}{23} \times \frac{23}{56} = 2.5$$

٢ ـ الاحتراق الكامل للايدروجين :

$$2H_2 + O_2 + N_2 = 2H_2O$$

$$\text{Mol wt}\cdot\ 2\times 2+32 = 2(2+16)$$

$$4 + 32 = 36$$

$$1\ \text{lb}\quad 1 + \frac{32}{4} = \frac{36}{4}$$

$$1 + 8 = 9$$

١ رطل ايدروجين يحتاج إلى ٨ رطل أكسجين ليكون ٩ رطل بخار ماء .

هذا التفاعل مصحوب بانكماش فى الحجم لان حجوم الغازات قبل الاحتراق اكبر من حجوم الغازات بعد الاحتراق .

وزن الهواء اللازم لحريق ١ رطل ايدروجين احتراق كامل هو ٣ر٥ رطل

$$\frac{32}{4} \times \frac{100}{32} = 3,5$$

٣ ـ الكبريت :

$$S + O_2 = SO_2$$

$$\text{Mel wt.}\quad 32 + 32 = 64$$

$$1\ \text{lb}\quad 1 + 1 = 2$$

١ ـ رطل من الكبريت يحتاج إلى ١ رطل من الاكسجين ليكونا ٢ رطل ثانى أكسيد الكبريت .

هذا التفاعل غير مصحوب بانكماش او تمدد فى الحجوم لان حجوم الغازات قبل الاحتراق تساوى حجوم الغازات بعد الاحتراق .

وزن الهواء اللازم لحريق ١ رطل كبريت ليكون ثانى أكسيد الكبريت هو ٤ر٣ رطل .

$$\frac{100}{25} \times \frac{32}{32} = 4{,}3$$

مثال : عند تحليل عينة من الفحم كيماويا كانت نتائج التحليل كما يأتى :

٦٥ ٪ ك ، ٥ ٪ يد٢ ، ٨ ٪ أ٢ ، ٢ ٪ ن٢ ، ٩ ٪ بخار مـــاء .
١١ ٪ رماد

$$65\%C\ ,\ 5\%H_2\ ,\ 8\%O_2\ ,2\%N_2\ ,\ 9\%H_2O\ \ ,\ 11\%Ash$$

أحسب أقل كمية من وزن الهواء اللازم لاحتراق رطل واحد من هـذا الفحم احتراقا كاملا .

الحـــل :

الـكربون :

$$C + O_2 = CO_2$$

$$\text{Mol wt } 12 + 32 = 44$$

$$1\ \text{lb} \quad 1 + \frac{32}{12} = \frac{44}{12}$$

$$\therefore \quad 0.65 + \frac{32}{12} \times 0.65 = \frac{44}{12} \times 0.65$$

الايدروجـين :

$$2\ H_2 + O_2 = 2\ H_2O$$

$$4 + 32 = 36$$

$$1 + 8 = 9$$

$$0.05 + 0\ 05 \times 8 = 0.05 \times 9$$

وزن الأكسجين اللازم لاحتراق هذا الكربون احتراقا كاملا =

= ٠ر٦٥ × $\frac{٣٢}{١٢}$ + ٨ × ٠ر٥

= ١ر٧٣ × ٠ر٤

= ٢ر١٣ رطل لكل رطل فحم

وزن الأكسجين اللازم من الهواء = ٢ر١٣ — ٠ر٠٨ = ٢ر٠٥ رطل لكل رطل فحم . ∴ أقل كمية من الهواء اللازم لاحتراق رطل واحد من الفحم = ٢ر٠٥ × $\frac{١٠٠}{٢٣}$ = ٨ر٩ رطل لكل رطل فحم .

مسائل :

١ — إذا كان تحليل عينة من الفحم هو

Ash = 5%	H_2 = 4%	C = 82%	
	S = 1%	O_2 = 5%	
	H_2O = 2%	N_2 = 1%	

أوجد :

١ — وزن الهواء اللازم لحريق رطل واحد من هذا الوقود

٢ — وزن نواتج الاحتراق الناتجة من حرق رطل واحد من هذا الوقود

٣ — كم كيلو جرام جزئى من الهواء يلزم لحرق ١ كيلو جرام جزئى من البيوتان C_4H_{10} احتراقا كاملا . أوجد التركيب الوزنى لنواتج إحتراق البيوتان إحتراقا تاما . أوجد كذلك التحليل الحجمى لنواتج الاحتراق الجافة .