

الديناميكا الحرارية الجزء الثاني 5

د / تاو فيج احمد جمال الدين

الإحتراق

تفاعل الاحتراق:

لأغراض الحساب ، يعتبر محتوى الهواء على أنه:
GRAVIMETRIC 23% 77%
حجم 21% 79%

الأكسجين

نتروجين



كربون

نسبة الجماعية



ومن ثم يحتاج 1 كجم من C إلى 32/12 كجم من O₂ وينتج 44/12 كجم من CO₂



نسبة الجماعية

ومن ثم يحتاج 1 كجم من H₂ إلى 8 كجم من O₂ وينتج 9 كجم من H₂O

الكبريت $32 \text{ SO}_2 = \text{O}_2 + \text{S}$ 32 كجم + 32 كجم = 64 كجم لذلك يحتاج 1 كجم من S إلى 1 كجم من O_2 وينتج 2 كجم من SO_2 .

من أجل حرق الوقود بشكل كامل ، يجب استيفاء أربعة شروط أساسية: (1) هواء كافٍ.



(2) كفي اضطراب.

(3) درجة حرارة الفرن عالية بما يكفي لإشعال الوارد


وقود.

(4) حجم الفرن كبير بما يكفي لإتاحة الوقت لإكمال الاحتراق.

احتراق جماعي:

مثال

يحتوي الوقود على كتلة 1% S ، 8% H₂ ، 88% C و 3% رماد (سيليكات). احسب الهواء المتكافئ.

الحل:  كربون = C + O₂ = نسبة كتلة ثاني أكسيد

الكربون 12 + 32 = 44 وبالتالي 0.88 كجم من
احتياجات الكربون (32/12)

0.88 كجم من الأكسجين. X

0.88 كجم من ثاني أكسيد الكربون = 3.227 $\times (44/12)$ يجعل

الهيدروجين 2 H₂ + O₂ = 36 + 32 = 4 H₂O = 2
نسبة الكتلة

وبالتالي 0.08 كجم من احتياجات الهيدروجين $0.08 \times (32/4) = 0.64$ كجم من الأكسجين. 9

SULFUR $S + O_2 = SO_2$ 32 + 32 = 64
نسبة الكتلة وبالتالي فإن 0.01 كجم من الكبريت يحتاج إلى 0.01 كجم من الأكسجين وينتج 0.02 كجم من ثاني أكسيد الكبريت.

إجمالي الأكسجين المطلوب هو $2.347 + 0.64 + 0.01 =$

2.997 كجم إجمالي الهواء المطلوب هو $2.997 / 23\% = 13.03$ كجم نسبة الهواء /

الوقود STOICHIOMETRIC هي 13.03 / 1

الهواء الزائد: مثال: إذا كان الهواء المزود يزيد بنسبة 20% عن القيمة المتكافئة ، فابحث عن تحليل المنتجات الجافة حسب الكتلة.

الحل: إذا تم توفير 20% من الهواء الزائد ، فإن الهواء الذي يتم توفيره يكون: $13.03 = 15.637$
20% كجم الأكسجين زائد 20% أيضاً 0.2


X

X $0.599 = 2.997$ كجم متبقي

زيادة.

$12.04 = 15.637$ كجم X نسبة النيتروجين في الهواء 77 %

قائمة المنتجات:

نيتروجين 12.04 كجم = 75.8% ثاني أكسيد الكربون 3.227 كجم = 20.3% ثاني أكسيد
 الكبريت 0.02 كجم = 0.1% أكسجين 0.599 كجم = 3.8% إجمالي الناتج الجاف 15.886
 كجم = 100% 

من المهم أن نلاحظ أنه بالنسبة لوقود معين ، فإن النسبة المئوية لأي منتج هي مؤشر
 مباشر للهواء الزائد ، وعمليًا يتم استخدام ثاني أكسيد الكربون و / أو الأكسجين للإشارة
 إلى ذلك. هذا مهم للحصول على الكفاءة المثلى في عملية الاحتراق.

للتبسيط في حسابات الاحتراق ، غالبًا ما يتم تصميم البنزين على هيئة الأوكتان ، ، C_8H_{18} ووقود الديزل مثل الدوديكان ، $C_{12}H_{26}$.



موازنة معادلة الاحتراق: $w = (3.75)(20) + 2z N_2 + y + 2x = 20$ $O_2 : 20 = 2x + y + 2z$

$8C_8H_{18} + 20H_2O + 20O_2 + 20N_2 \rightarrow 8CO_2 + 9H_2O + 7.5O_2 + 75.2N_2$

→

→

→

مع = 7.5

→

ث = 75.2

→

$8CO_2 + 9H_2O + 7.5O_2 + 75.2N_2$

يمثل 20 عدد مولات الأكسجين وليس عدد مولات الهواء.

$$\begin{aligned} (A/F)_{Ratio} &= \frac{\dot{m}_{air}}{\dot{m}_{fuel}} = \frac{(NM)_{air}}{NM_C + NM_{H_2}} = \frac{(20 \times 3.76 \text{ kmol})(20 \text{ kg/kmol}) \times 28.96}{(8 \text{ kmol})(12 \text{ kg/kmol}) + (9 \text{ kmol})(2 \text{ kg/kmol})} \\ &= \frac{20 \times 4.76 \times 28.96}{8 \times 12 + 9 \times 2} \end{aligned}$$

24.2 = كيلوجرام / كيلوجرام وقود



مثال: يستهلك محرك الاحتراق الداخلي 2.4 كجم / ثانية من وقود هيدروكربوني غير معروف ، وكان تحليل الكسور الجزيئية لغازات المداخل كما يلي: $O_2 = 8.8\%$ ، $CO = 0.9\%$ ، $CO_2 = 8\%$ و $N_2 = 82.3\%$. إذا كانت الظروف المحيطة 1.03 بار و 30 OC وغازات العادم يتم تفريغها عند الضغط ودرجة الحرارة 2 بار ، 90 OC ،

على التوالي.

حدد (أ) الصيغة الكيميائية للوقود. (ب) نسب وقود الهواء الفعلية والنظرية. (ج) الهواء الزائد. (د) فقدان الحرارة مع غازات العادم لكل كيلوغرام من الوقود.

الحل: معادلة الاحتراق هي $3.76N_2 + 8CO_2 + 0.9CO + 8.8O_2 + 82.3N_2 + dH_2O$

$CXHY + A(O_2 + 3.76N_2) \rightarrow XCO_2 + 0.9CO + 8.8O_2 + 82.3N_2 + dH_2O$
توازن الكربون: $X = 8 + 0.9 = 8.9$ توازن النيتروجين: $82.3 / 3.76 = 21.9$

$A =$ أكسجين التوازن: $A = 8 + 0.9 / 2 + 8.8 = 9.3$

→ د 9.3 =

توازن الهيدروجين: ص 2 د = 18.6 =

$$= 85.2\% \quad \frac{12 X}{12 X + Y} \times 100$$

الكربون في الوقود



$$= 14.8\% \quad \frac{Y}{12 X + Y} \times 100$$

الهيدروجين في الوقود

$$= 24 \quad \frac{A \times 4.76 \times 28.96}{12 X + Y}$$

معادلة الاحتراق النظرية $C_{8.9}H_{18.6} + a (O_2 + 3.76 N_2) \rightarrow b CO_2 + 3.76 a N_2 + d H_2O$
 (Stoichiometric) توازن الكربون: $b = 8.9$ توازن الهيدروجين: $2d = 18.6$ توازن الأكسجين: $b +$

$$\longrightarrow \quad d = 9.3$$

$$\longrightarrow \quad = 13.55$$

نسبة وقود الهواء النظرية

$$\left(\frac{A}{F}\right)_{Theoretical} = \frac{13.55 \times 4.76 \times 28.96}{125.3}$$

$$= 14.9$$

الهواء الزائد =

$$\frac{21.9 - 13.55}{13.55} \times 100$$

4 kg H₂ + 32 kg O₂ 36 kg H₂O

المكافئ من H₂ في الوقود بعد الاحتراق الكامل سيعطي 9 كجم H₂O مع غازات

المكافئ من H₂ في الوقود بعد الاحتراق الكامل سيعطي 9 كجم H₂O مع غازات



ثم: كل 61.6% kg / s 2 H₂ + O₂ 2 H₂O

$$m_{H_2O} = m_{H_2} \quad 9 = 0.148 \times 9 = 1.332 \text{ كجم H}_2\text{O} / \text{كجم الوقود}$$

$$m_{\text{Flue}} = m_{\text{Fuel}} + m_{\text{Air}} \quad \text{لكن غازات}$$



$$m_{\text{Dry product}} = m_{\text{Flue gases}} - m_{H_2O}$$

ثم تفقد الحرارة مع غازات العادم لكل كيلوغرام من الوقود (Q_{Lost})

$$Q_{\text{LosH}_2\text{O}} = m_{\text{dry}} \times C_{p_{\text{dry}}} (T_{\text{exhaust}} - T_{\text{sat}}) + m_{\text{dry}} \times L$$

$$Q_{\text{LosH}_2\text{O}} = m_{H_2O} [C_{p_{wa}} (T_{\text{sat}} - T_{\text{amp}}) + L + C_{p_{exh}} (T_{\text{exhaust}} - T_{\text{sat}})]$$

