التركيب الكيميائي للمخلفات الصلبة (Chemical composition)

إن معرفة التركيب الكيميائي للمخلفات يعني الصيغة الكيميائية للجزء العضوي للمخلفات والتي تعتبر ضرورية جدا في :

1. حساب كمية الأوكسجين اللازم لأكسدة مكونات المخلفات وتحويلها إلى مواد أكثر استقرارا .
2. تساهم معرفة التركيب الكيميائي للمخلفات في التعرف على محتوى الطاقة الكامنة والتي يمكن استرجاعها واستغلالها في جوانب عملية عديدة.
3. وكذلك في إقرار نوع المعالجات.
4. وفي تقدير الغازات المنبعثة في منطقة الطمر الصحي.

أهم الخصائص الواجب معرفتها من التحليل الكيميائي للمخلفات هي:

1. التحليل التقريبي .
2. نقطة انصهار الرماد.
3. التحليل الكيميائي النهائي

1- التحليل التقريبي (Proximate analysis): ويتضمن :

a) **الرطوبة** : وهو ما يفقد من وزن النموذج عند درجة حرارة 105 درجة مئوية ولمدة ساعة واحدة.

b) **المواد المتطايرة** : وهو الوزن الذي يفقده النموذج الجاف بعد حرقه بدرجة حرارة 950 درجة مئوية .

c) **الكاربون الثابت** : وهو المادة المتخلفة القابلة للاحتراق بعد إزالة المواد المتطايرة .

d) **الرماد** : وهو المادة المتخلفة بعد الاحتراق والتي تكون غير قابلة للاحتراق .

الجدول التالي يبين التحليل التقريبي للمخلفات الصلبة المنزلية

	المدى %	القيم المتوسطة %
الرطوبة	40–15	20
المواد المتطايرة	60–40	52
الكاربون الثابت	15–4	7
الرماد	30–10	20

2- نقطة انصهار الرماد (Fusing Point of Ash)

هي درجة الحرارة التي يتكون عندها خبث صلب نتيجة انصهار وتكتل الرماد الناتج من حرق المخلفات الصلبة وتتراوح نقطة انصهار الرماد المثالية لتكوين الخبث من حرق المخلفات الصلبة بين 1100 – 1200 °C

3- التحليل الكيميائي النهائي (Ultimate Analysis)

وهي تتضمن معرفة ما تحتويه النفايات الصلبة من عناصر الكاربون والهايدروجين والأوكسجين والنتروجين والكبريت والرماد ، والجدول التالي يبين التحليل النهائي لمكونات النفايات الصلبة المنزلية

Individual components	Dry weight (%)					
	C	H_2	O_2	N_2	S	ASh
Food waste	48	6.4	37.5	2.6	0.4	5
Paper	43.5	6	44	0.3	0.2	6
Cardboard	44	5.9	44.6	0.3	0.2	5
Plastics	60	7.2	22.8	---	---	10
Textiles	55	6.6	31.2	4.6	0.15	2.5
Rubber	78	10	---	2	---	10
Leather	60	8	11.9	10	0.4	10
Garden trimmings	47.8	6	38	3.4	0.3	4.5
wood	48.5	6	42.7	0.2	0.1	1.5
Dirt, ashes, brick, etc.	26.3	3	2	0.5	0.2	68

القيمة الحرارية للمخلفات (Heating Value)

القيمة الحرارية للمخلفات : تعتمد القيمة الحرارية للمخلفات على مكونات المخلفات التي تحويها بالإضافة إلى المحتوى الرطوبي لها.الطاقة الحرارية للمخلفات يمكن قياسها بعدة وحدات كما يلي:

1- الوحدة الحرارية البريطانية Btu: وهي تعبير عن كمية الحرارة المطلوبة لتسخين باون واحد من الماء درجة فهرنهاتية واحدة.

2- كيلوواط-ساعةkWh: وهي وحدة يستخدمها كثير من المهندسين

3- جولJule أو الكيلو جولkJ.

4- الكالوري : وتعني الزيادة الحاصلة في درجة حرارة غرام واحد من الماء بمقدار درجة سليليزية واحدة .

القيمة الحرارية العظمى للمخلفات (HHV): يمكن إيجاد القيمة الحرارية العظمى للمخلفات بالطريقة النظرية أو يمكن حسابها عمليا عن طريق جهاز يدعى كالوريميتر(calorimeter)، يتكون الجهاز من كرة من الستيل تتحمل ضغط وحرارة عالية توضع على قاعدة يمكن رفعها ويوضع النموذج ذات وزن معلوم في داخل هذه الكرة توضع الكرة داخل وعاء معدني محكم يمكن حقن أوكسجين إليه وبضغط عال ويوضع هذا الوعاء المحكم داخل اسطوانة خارجية تمثل جسم الجهاز الخرجيوالذي يوجد فيه ثيرموستات لقياس الارتفاع الحاصل في درجة حرارة الماء نتيجة لحرق النموذج داخل الكرة الموضوعة داخل الوعاء المغلق.

بعد الحرق تسجل بيانات لكل من الارتفاع الحاصل في درجة الحرارة مع الزمن بمخطط يدعى الثيرموكرام وغالبا تهمل القراءات في الخمسة الدقائق الأولية والأخيرة ونجد مقدار التغير الحاصل في درجة حرارة الماء وبمعرفتنا عدد غرامات الماء ومقدار ارتفاع درجات الحرارة المئوية يمكن إيجاد مقدار الطاقة المتحررة بوحدة الكالوري.

الطرق النظرية في حساب القيمة الحرارية العظمى:

1. معادلة كان Khan لحساب القيمة الحرارية العظمى للمخلفات (1991):

هذه المعادلة تمكننا من حساب القيمة الحرارية العظمى بعد معرفتنا للنسب المئوية للمكونات وكما يلي:

HHV(KJ/kg)=53.5 (F + 3.6 CP) + 372 PLR

F : تمثل النسبة المئوية الكتلية لمخلفات الطعام

CP : تمثل النسبة المئوية الكتلية لمخلفات الكارتون والورق

PLR: تمثل النسبة المئوية الكتلية لمخلفات البلاستك والمطاط والجلود

مثال : اوجد القيمة الحرارية العظمى للمخلفات محسوبة على شكل مليون جول لكل كغم من المخلفات، إذا علمت أن النسبة المئوية للمكونات في استراليا كانت كما يلي :

Paper %	Metals %	Glass %	Food %	Plastic, rubber and leather PLR %
38	11	18	13	0.1

HHV=53.5 (13+3.6*38)+372*0.1=8021.54 kj/kg= 8.021 Mj/kg

2) **صيغة راينر(Rhyner)** : وهي نفس صيغة دولولنك ولكن بوحدات كيلوجول /كغم مباشرة وكما يلي :

HHV(Kj/Kg)=339 (C) +1440(H)-139 (O) +105 (S)

Where C,O,H are mass percentage in dry materials

مثال : أوجد القيمة الحرارية العظمى للنفايات الجافة التالية، ثم اوجد القيمة الحرارية العظمى للنفايات وهي رطبة على الحال الذي طرحت فيه ؟

	W%	S	O	H	C
Carbon	5.2	0.21	44.9	5.7	43.7
Mixed waste	72	0.52	28.7	6.4	44.9

Solution :

1. HHV for carbon waste as dry weight:
   HHV=339*43.7+1440*5.7-139*44.9+105*0.21=16809 kj/kg
   HHV as wet weight =16809 (1-0.052)=15935 Kj/Kg

2. HHV for mixed waste as dry weight:
   HHV=339*44.9+1440*6.4-139*28.7+105*0.52=20568 kj/kg
   HHV as wet weight =20568 (1-0.72)=5759 Kj/Kg

القيمة الصغرى لحرارة المخلفات (LHV): وتدعى أحيانا بالقيمة الحرارية الصافية للمخلفات وهي تمثل درجة الحرارة العظمى للنفايات مطروحا منه القيمة الحرارية الكامنة للماء المتبخر(Q_L) وهذه القيمة هي التي يتم الاعتماد عليها في حساب مقدار الحرارة التي يمكن استردادها من المخلفات. **$LHV=HHV-Q_L$**

القيمة الحرارية للماء المتبخر (Q_L)

يمكن تقدير القيمة الحرارية للماء المتبخر كما يلي: **$Q_L=2440(W+9H)$**

حيث أنQ_L : الحرارة الكامنة لبخار الماء المفقود(كيلوجول)

W : وزن الرطوبة في المخلفات (كغم)

H: وزن الهيدروجين في المخلفات الجافة (كغم)

حيث أن كل كغم واحد من الرطوبة التي تتبخر تفقد من قيمتها الحرارية 2440 كيلوجول وفي نفس الوقت فان كل كغم واحد من الهيدروجين في المخلفات نفسها يستطيع أن يتحد وينتج 9 كغم من بخار الماء.

مثال 1 : نموذج لمخلفات منزلية له وزنه كغم واحد، له محتوى رطوبي 20% وتقريبا 6% من الوزن الجاف منه هيدروجين . أوجد القيمة الحرارية الدنيا لهذه المخلفات إذا كانت القيمة الحرارية العظمى لها 12900 كيلوجول/كغم ؟

الحل :

1- نوجد وزن الهيدروجين في المخلفات الجافة ، وبما أن المحتوى الرطوبي للمخلفات 20% فأن هذا يعني أن 80% من المخلفات هي جافة وبما أن النسبة المئوية للهيدروجين هو 6 % من المخلفات الجافة فان هذا يعني أن 0.8*0.06 =0.048 مغم هو هيدروجين

2- نوجد الحرارة الكامنة للبخار كما في المعادلة التالية :

$Q_L=2440(W+9H)$

$Q_L=2440(0.2+9*0.048)=1540$ kJ

3- نوجد القيمة الحرارية الدنيا بطرح القيمة العظمى من الحرارة الكامنة لبخار الماء :

LHV= 12900-1540=11360 kJ/kg=4880 Btu/Ib

Note : 2.326 kJ/kg= 1 Btu/Ib

مثال 2 : بطل بلاستيكي من البولي اثيلين حجمه 2 لتر وكتلته 50 غم ورطوبته 6%، تقريبا 12% من كتلته الجافة هيدروجين والقيمة العظمى الحرارية له 43000 كيلوجول/كغم، ما هي الطاقة الصافية التي ينتجها هذا البطل أثناء الحرق ؟

Solution:

$Q_L=2440(w+9H)$

W=(6/100)(50/1000)=0.003

H=(1-0.003)(12/100)(50/1000)=0.005982

$Q_L=2440(0.003+9*0.005982)=138.6$ kj/kg

HHV=43000*(50/1000)=2150 kj/kg

$LHV=HHV-Q_L=2150-138.6=2011.4$ kj/kg

طريقة ايجاد المحتوى الحراري الكلي للنفايات مباشرة من جداول خاصة

يمكن ايجاد المحتوى الحراري للنفايات من جداول خاصة موضوعة مسبقا لكل مكون وذلك بإيجاد وزن كل مكون من النفايات على حده ومن ثم ايجاد المحتوى الحراري لكل مكون وذلك بضرب وزن المكون في قيمته الحرارية وبعدها نوجد مجموع المحتوى الحراري الكلي للمكونات ووزنها أخيرا يتم ايجاد المحتوى الحراري للنفايات الممزوجة بقسمة المحتوى الحراري لمجموع المكونات على وزنها الكلي وكما في المثال التالي :

مثال: أوجد المحتوى الحراري لكل كغم من المخلفات الصلبة المطروحة الكلية والبالغ وزنها 100 كغم والمسجلة مكوناتها والمحتوى الحراري لكل مكون منها في الجدول التالي :

Material	kg	kJ/kg
Paper and paperboard	31.7	15800
Yard trimming	16.2	6300
Plastics	11.5	32800
Foods wastes	8.5	5500
Wood	7.6	16000
Metals	7.4	0
Glass	6.6	0
Rubber and Leather	3.6	22300
Textiles	3.3	18700
Miscellaneous other	3.6	0
Total	100	

الحل :

1- نوجد المحتوى الحراري لكل مكون والمجموع الحراري الكلي للمكونات وكما في الجدول التالي :

Material	kg	kJ/kg	kJ
Paper and paperboard	31.7	15800	31.7*15800 =500860
Yard trimming	16.2	6300	16.2*6300 =102060
Plastics	11.5	32800	11.5*32800 =377200
Foods wastes	8.5	5500	8.5*5500 = 46750
Wood	7.6	16000	7.6*16000= 121600
Metals	7.4	0	0
Glass	6.6	0	0
Rubber and Leather	3.6	22300	3.6*22300 = 80280
Textiles	3.3	18700	3.3*18700 = 61710
Miscellaneous other	3.6	0	0
Total	**100**		**1290460**

2- نوجد المحتوى الحراري الكلي لكل 1 كغم بقسمة المجموع على الوزن الكلي للعينة وكما يلي :

1290460/100=12905 kj/kg

النفايات المستعملة في عملية الحرق لأغراض استرداد الطاقة

النفايات المعدة لانتاج طاقة تكون على شكلين :

1- الشكل العادي بدون معالجة مسبقة وتدعى Mass burn .

2- الشكل المعالج ويطلق عليه مصطلح Refuse-Drived Fuel (RDF)

الشكل العادي وهو حرق الكتلة كما هي بعد عملية التجفيف فقط وهي غير مرغوبة في عمليات انتاج الطاقة لأنها تحتاج الى الكيروسين للوصول الى درجة الحرق المطلوبة وكذلك تسبب تآكل المحطة .

أما الشكل الثاني فهو المرغوب عمليا في انتاج الطاقة من النفايات وذلك للميزات التالية :

1- ذات محتوى حراري عال .

2- ذات محتوى متجانس .

3- ويكون الهواء الذي يحقن للحرق اقل وبذلك يكون التلوث الحاصل من انبعاث الغازات أقل .

5- يعتبر هذا الوقود ذات كفاءة جيدة إذا كان يغلب على مكونات النفايات الأوراق والكارتون.

6- يمكن خزنه لفترة طويلة واستخدامه عند الطلب ولا يحتاج إلى مخزن كبير لخزنه مثل النفايات الاعتيادية.

ومن مساوئ هذا النوع:

1- مكلف لنه يحتاج الى تجفيف وفرز وثرم .

2- تكون نسبته قليلة.

أنواع الوقود المساق من النفايات

يوجد عدة اصناف من هذا الوقود حسب نوع المعالجة التي تتم عليها حيث صنفت (المنظمة الأمريكية لفحص المواد ASTM هذا الوقود إلى عدة أنواع وما يلي :

RDF1 : هي نفايات ممزوجة بدون معالجة مسبقة وتدعى ايضا حرق الكتلة Mass burn

RFD2 : هي نفايات ممزوجة معالجة بسيطة مثل الثرم فقط للحصول على مزيج متجانس .

RFD3 : هي نفايات ممزوجة معالجة بسيطة مثل الثرم ومزال منها المواد الغير العضوية بعملية الفصل المغناطيسي والهوائي

RDF4 : هي نفايات تمت معالجتها بشكل أوسع وثرم ناعم .

RFD5 : هي نفايات تمت معالجتها بشكل أوسع وثرم ناعم جدا .

حيث نلاحظ انه كلما زادت المعالجة زاد الرقم الموجود وزادت الكلفة ولكن تحسن في النوعية والطاقة التي يمكن ان تنتجها هذه النفايات .

في كلتا الحالتين من الوقود يجب إزالة البطاريات الجافة من النفايات لكونها تحوي نسبة عالية من الزئبق.