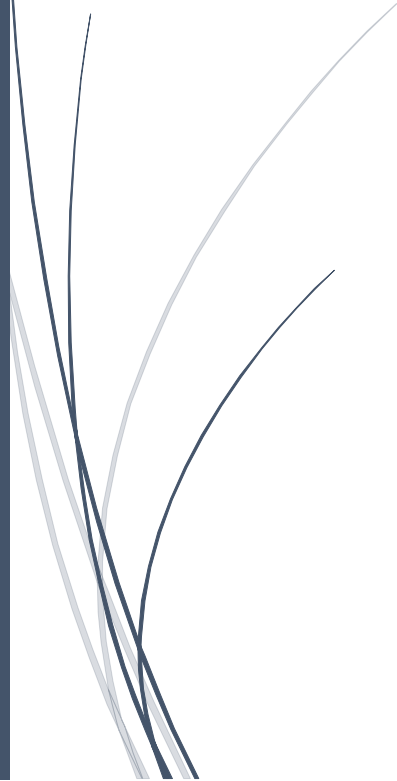


تقانات استثمار طاقة الكتلة الحية



تقانات استثمار طاقة الكتلة الحية:

9-1 تحويل الطاقة الحية:

قصد بتحويل الكتلة الحية (هنا المعنى الطاقى للكلمة) استخلاص الطاقة من الكتلة الحية على شكل طاقة حرارية. أو تحويل الكتلة الحية إلى شكل آخر من حوامل الطاقة صلباً أو سائلاً أو غازياً.

وتقسم طرق تحويل الكتلة الحية إلى:

- طرق بيولوجية.
- طرق فيزيائية.
- طرق ترموكيميائية.

أما نواتج طرق التحويل فتكون على شكل:

- كهرباء.
- طاقة ميكانيكية.
- حرارة.
- وقود صلب.
- وقود سائل.
- وقود غازي.

ويمكن الاستفادة من هذه المنتجات في الزراعة والصناعة والنقل وكذلك في الاستخدامات المنزلية. أبسط طرق تحويل الكتلة الحية هي الطريقة الميكانيكية (إحدى أشكال الطرق الفيزيائية)، حيث يتم ضغط بقايا الخشب والقش على شكل كريات أو متوازي مستطيلات بأحجام مناسبة. ومن الطرق الفيزيائية استخلاص الزيوت النباتية والكربوهيدرات كوقود سائل (قصب السكر - عباد الشمس - الشمندر السكري - الزيتون - فول الصويا).

بواسطة الطرق الترموكيميائية يتم تحويل الكتلة الحية بمساعدة الطاقة الحرارية والتفاعلات الكيميائية إلى شكل من أشكال حوامل الطاقة.

أما الطرق البيولوجية فتعتمد على تأثير العضوات الدقيقة (ميكروبات - فطور) التي تقوم بتفكيك المركبات العضوية المعقدة، وبالتالي تحويل المادة العضوية إلى شكل من أشكال الوقود الغازي أو السائل.

يختلف مردود الطرق المختلفة لتحويل الكتلة الحية ويتراوح بين %90 ÷ 20، بعض الطرق تلاقى اليوم انتشاراً واسعاً ومعظمها لا يزال قيد البحث والاختبار.

9-2 الطرق الفيزيائية:

9-2-1 الضغط الميكانيكي للكتلة الحية:

ب هذه الطريقة يتم ضغط المواد العضوية (وخاصة نشارة وبقايا الخشب، وكذلك القش والقمامة العضوية) إلى كتل على شكل متوازي مستطيلات أو كريات تستخدم كوقود صلب. تتوافق عملية الضغط الميكانيكي غالباً بعملية تجفيف للمادة العضوية.

تحتوي المادة العضوية على الماء وتمثل رطوبة المادة العضوية النسبة بين ما تحتويه من الماء والكتلة الكلية للمادة العضوية. وقد تصل قيمة الرطوبة إلى 90% أو أكثر. وتتراوح رطوبة الخشب الأخضر بين 40 ÷ 60% ، أما الخشب المجفف في الهواء فتتراوح رطوبته بين 20% ÷ 10. أما القيمة الحرارية للكتلة الحية فننسب عادةً إلى الكتلة الجافة (odm) أي الكتلة الجافة من الماء بشكل مطلق.

ينتج عن عملية كبس (ضغط) الكتلة الحية إلى شكل من أشكال الوقود الصلب (كريات أو متوازي مستطيلات) رطوبة نهائية محدود 18% ÷ 15.

تتم عملية تحضير المادة قبل عملية الكبس، حيث يتم طحنها أو تكسيرها جيداً قبل ضغطها وتشكيلها. تؤدي أيضاً عملية الكبس إلى رفع مقدار الكتلة الحجمية بشكل ملحوظ، إذ تتراوح كثافة القش ونشارة الخشب والمواد الأولية قبل المعالجة بين $200 \div 60 \text{ [kg/m}^3\text{]}$ ، بينما تتراوح كثافة المنتج بين $500 \div 1400 \text{ [kg/m}^3\text{]}$. تتراوح الطاقة النوعية اللازمة لمعالجة وكبس الطن الواحد من المادة الأولية بين $30 \div 90 \text{ [kW.h/t]}$. وتبلغ القيمة الحرارية للقش الخام حوالي 4.4 [MW.h/t] . بالتالي تبلغ الطاقة النوعية اللازمة لعملية الكبس حوالي 2% ÷ 1 تصرف طاقة أيضاً لعملية الجني والتحضير والتجفيف، وبالتالي يتراوح المردود الكلي لعملية الكبس بين 90% ÷ 85.

9-2-2 استخلاص الزيوت النباتية والكربوهيدرات (Extraction):

الطريقة الفيزيائية الثانية المتبعة في معالجة الكتلة الحية هي استخلاص (أو بمعنى آخر استخراج) حوامل الطاقة من الكتلة الحية عن طريق الكبس والمعالجة بالبخار والحموض وغيرها.

تستخدم هذه الطريقة حالياً بشكل رئيسي في الصناعات الغذائية والكيميائية، ويمكن تطويرها لاستخلاص الزيوت النباتية وحوامل الطاقة الأخرى من الكتلة الحية للاستفادة منها كمصدر طاقة.

9-3 الطرق الترموكيميائية:

بواسطة الطرق الترموكيميائية يتم تحويل الكتلة الحية إلى حامل طاقة ثانوي باستخدام عملية الأكسدة والتفاعلات الكيميائية مع التسخين وتشمل هذه الطرق ثلاثة أشكال:

1. الحرق: التحويل إلى طاقة حرارية.
 2. التغويز: الحصول على غاز كحامل للطاقة.
 3. التميع: الحصول على سائل كحامل للطاقة.
- غالباً تتم هذه العمليات وتحدث في بعض التجهيزات المستخدمة على التوالي.

9-3-1 الحرق:

الحرق هو أقدم طريقة معروفة في تحويل الكتلة الحية إلى طاقة والمادة الأولية الأساسية المستخدمة هي الخشب، حتى اليوم تم حرق نصف الاحتياطي العالمي من أخشاب الغابات وتجري هذه العملية على قدم وساق لاسيما في الدول النامية. ويتم حرق المخلفات الزراعية وروث الحيوانات إلى جانب الخشب للحصول على الطاقة.

عند الحرق التام للكتلة الحية ($C_K K_m O_n$) (المقصود هنا الخشب بشكل رئيسي) ينتج غاز ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء والرماد. في حال وجود الكبريت يتم حرقه أيضاً إلى (SO_2). وتشكل البقايا المعدنية (الرماد) حوالي 1% من الكتلة.

تسمى الطاقة الحرارية الناتجة عن حرق واحدة الكتلة من الكتلة الحية بالقيمة الحرارية الدنيا H_u وتتعلق هذه القيمة بالقيمة الحرارية للمركبة الجافة ونسبتها ($1 - x$) إلى الكتلة الحية وكذلك بدرجة البخر للماء الموجود في الكتلة على شكل رطوبة والبالغ $2.441 [MJ/kg]$ وبالتالي:

$$\langle 3 - 9 \rangle \quad H_u = (1 - x)H_{UDC} - x \times 2.441 \quad [MJ/kg]$$

H_{UDC} : القيمة الحرارية الدنيا للمادة الجافة التي تشكل ($1 - x$) من الكتلة الحية.

تتراوح رطوبة خشب الأشجار المقطوعة حديثاً بين 40 ÷ 60% هذه الرطوبة أكثرها يملئ الفراغات بين الخلايا على شكل رطوبة حرة (غير مرتبطة)، أما كمية الماء (الرطوبة) الباقية فتوجد داخل الخلايا ويطلق عليها رطوبة مرتبطة.

الرطوبة في الكتلة الحية (Biomass) تعني كمية الماء الكلية في الكتلة أو:

$$X = \frac{M_{H_2O}}{M_{Biomass}} = \frac{M_{H_2O}}{M_{H_2O} + M_{odm}}$$

M_{odm} : الكتلة العضوية الجافة.

تسمى X أيضاً المحتوى المائي أو الرطوبة المطلقة.

هناك قيمة أخرى U تسمى محتوى الخشب من الرطوبة، وهي النسبة بين كتلة الماء وكتلة المادة الجافة أو:

$$(4 - 9) \quad U = \frac{M_{H_2O}}{M_{odm}} = \frac{X}{1 - X}$$

هذه القيمة تزيد على الـ 100% عندما تزيد الرطوبة X عن 50%.

يبين الجدول (1-9) قيم H_{UDC} من أجل أشكال مختلفة للكتلة الحية:

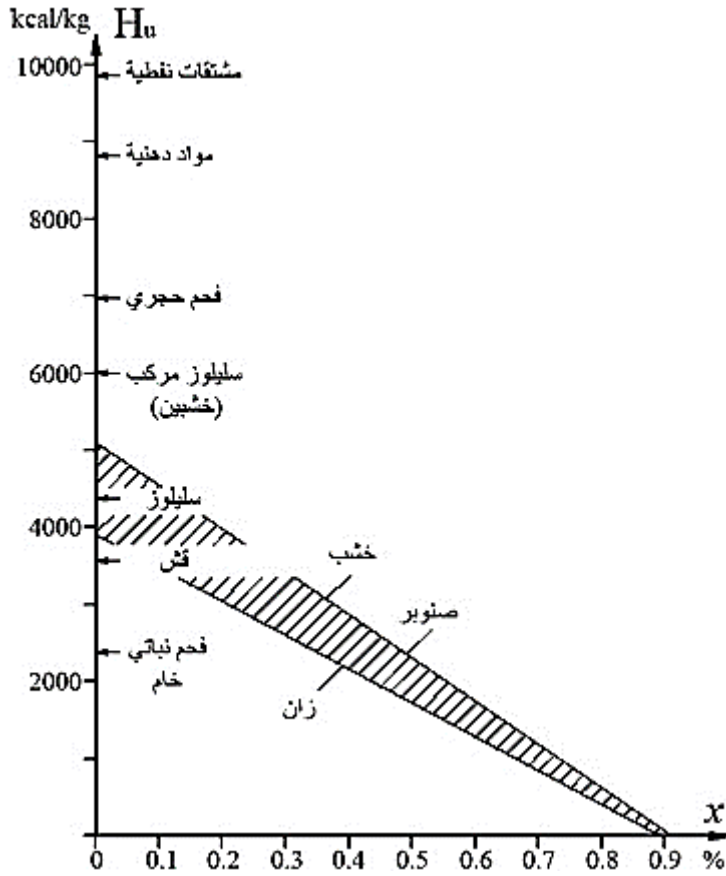
الجدول (1-9)

H_{UDC} [MJ/kg]	المادة
19	أخشاب
10 ÷ 15	قمامة منزلية
17	ورق
16	قش
15	قصب السكر
13	حمأة محطات المعالجة
39	دهون
43	مشتقات نفطية

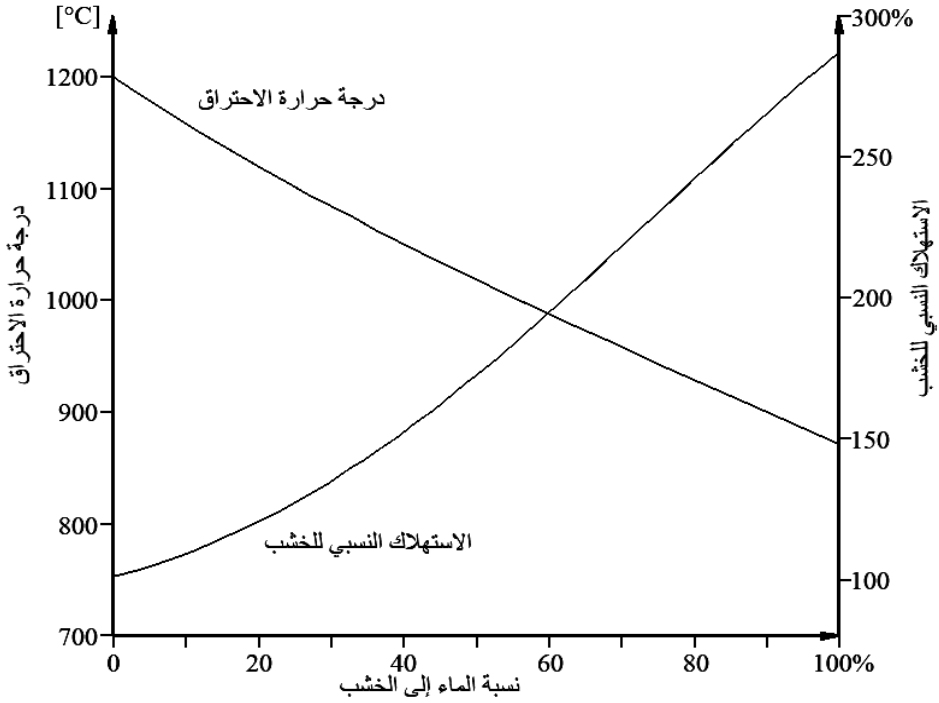
أما الجدول (2-9) فيبين القيم الحرارية الدنيا H_u لبعض المواد:

الجدول (2-9)

الرطوبة x [%]	H_u [MJ/kg]	المادة
40 ÷ 60	6 ÷ 8	خشب أخضر
10 ÷ 20	14 ÷ 16	خشب مجفف بالهواء
15 ÷ 18	11 ÷ 16	قش مضغوط
25 ÷ 38	5 ÷ 8	قمامة عضوية منزلية



شكل (1-9) أثر الرطوبة على القيمة الحرارية الدنيا H_u للخشب و بعض المواد



شكل (9-2) أثر الرطوبة (نسبة الماء إلى الخشب) U على درجة حرارة الاحتراق والاستهلاك النسبي للخشب.

في عمليات حرق الخشب تستخدم العديد من التقانات حسب إمكانيات الاستخدام ومعالجة الخشب وتتميز كل وسيلة عن الأخرى بشكل ملحوظ بمرادود العملية. يبين الجدول (9-3) مرادود بعض طرق حرق الخشب:

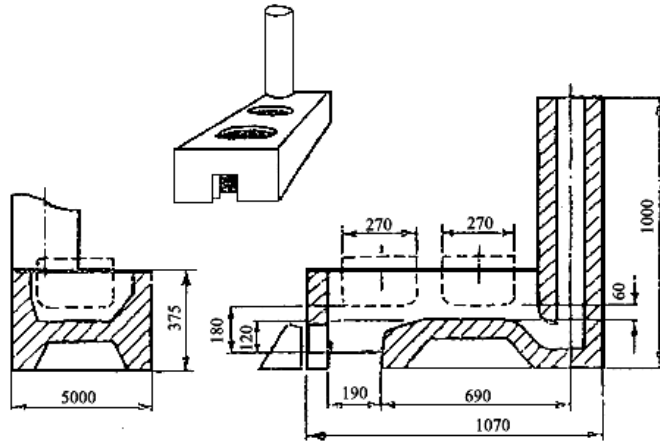
الجدول (9-3)

المرادود %	تقانة الحرق
5 ÷ 10	نار مفتوحة
20 ÷ 30	فرن بسيط
10 ÷ 30	كابين مفتوح
40 ÷ 50	مدفأة أو موقد منزلي
60 ÷ 80	أفران حرق نظامية

علمياً يتم حرق ما طاقته حوالي [1mrd] طن مكافئ نفطي سنوياً من الكتلة الحية وغالباً في
مواقد حجرية مفتوحة حيث يضيع ما نسبته $95\% \div 90\%$ من الطاقة المنتجة. يبين الشكل (9-3)
فرنًا مقترحاً من مئات الأشكال الممكنة والموضوعة قيد البحث.

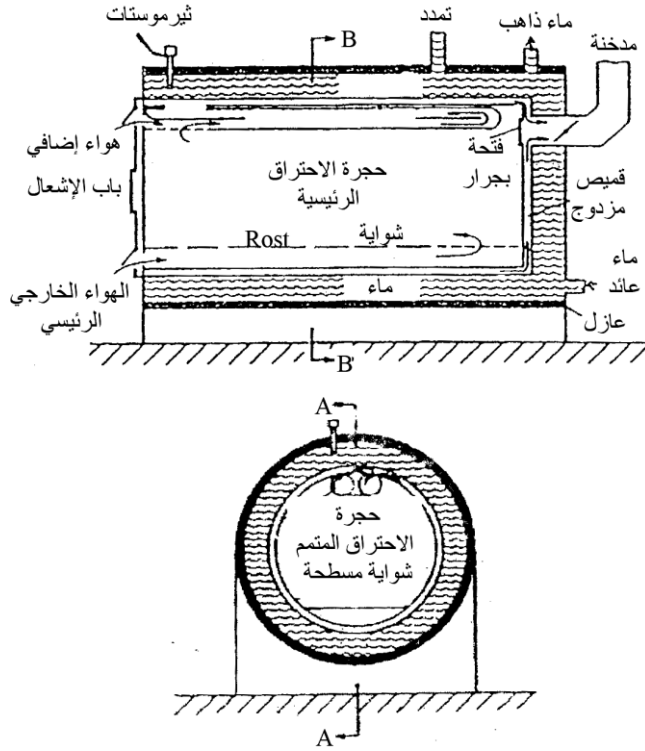
إن نشر هكذا تقانة في دول العالم الثالث لاسيما تلك التي تستهلك طاقة الكتلة الحية بشكل رئيس
كمصدر للطاقة يمكن أن يساهم في حل أزمة الطاقة في تلك البلدان بشكل كبير. وعندها تكفي شجرة
واحدة بدل ثلاث شجرات لتغطية الحاجة إلى الطاقة في موضوع معين، لأن مردود هذا الفرن أعلى
بثلاث مرات من مردود المواقد المفتوحة.

يجب أن تتميز مواقد الخشب عن مواقد الفحم أو المواقد الأخرى نظراً لطبيعة الخشب من حيث
الشكل والتركيب. يبين الشكل (9-4) مرجلاً للحرق الكامل للخشب والحصول على الماء الساخن.



شكل (9-3) فرن بسيط بديل للمواقد المفتوحة يقترح تعميمه في بلدان العالم الثالث التي تستهلك
طاقة الكتلة الحية بشكل واسع كمصدر للطاقة

يتألف المرجل من حجرة احتراق اسطوانية يتم تبريدها بواسطة الماء المحيط الموجود في أسطوانة ثانية
ذات قميصين تحيط بحجرة الاحتراق. في حجرة الاحتراق الرئيسية يتم تسخين وتجفيف الكتلة الحية على
شواية مسطحة، ومع ارتفاع درجة الحرارة نتيجة الاحتراق بمساعدة الهواء الخارجي تحصل عملية تغويز
الوقود. تقوم حجرة الاحتراق المساعدة بإتمام عملية حرق الغازات الهاربة التي لم يتم حرقها في الحجرة
الرئيسية وبمساعدة هواء خارجي يتم تسخينه مسبقاً.



شكل (9-4) فرن حديث للحرق الكامل للخشب والحصول على ماء ساخن

تتم عملية حرق الكتلة الحية وفق أربع مراحل:

المرحلة الأولى: تسخين وتجفيف.

المرحلة الثانية: تغويز وتفكك حراري.

المرحلة الثالثة: حرق الوقود الصلب.

المرحلة الرابعة: حرق متمم للغازات الهاربة من حجرة الاحتراق الرئيسية.

وليس بالضرورة أن تنتهي أية مرحلة لتبدأ الأخرى بل تحصل عدة مراحل معاً بعد نضوج المرحلة الأولى.

بسبب المحتوى العالي للخشب من الأوكسجين يمكن له أن يحترق بأقل كمية من الهواء الخارجي.

حوالي 80% من الهواء الخارجي يتم إدخاله كهواء خارجي رئيسي عبر الشواية. أما كمية الهواء اللازمة

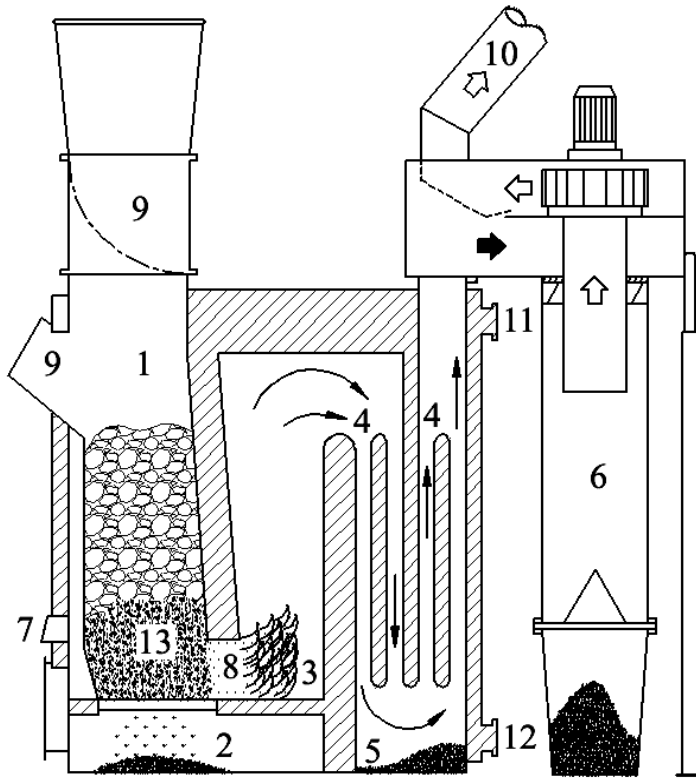
الباقية 20% فيجب تسخينها ما أمكن ومزجها جيداً مع غازات الاحتراق للحصول على حرق كامل.

والعوامل الأساسية اللازمة للحرق الكامل هي:

1. هواء خارجي كافي مقسم بين هواء رئيسي وثانوي.
2. مزج جيد للهواء الثانوي مع غازات الاحتراق.
3. حجرة احتراق كبيرة وكافية للتفاعلات والتفكك.
4. درجة حرارة اشتعال كافية (جدران ساخنة).

يجب ألا تقل استطاعة المراجل الخشبية عن [15kW]، ويجب أن تعمل بكامل استطاعتها. وفي هذه الحالة فقط يكون الدخان المنبعث من الموقد عبر المدخنة مقبول نسبياً. وتبقى مواقد الخشب والكتلة الحية أكثر تلويثاً للبيئة من الوقود التقليدي.

في المرحل المذكور سابقاً يتم تغويز وتفكيك وحرق الكتلة في مكان واحد تقريباً هو حجرة الاحتراق بينما يبين الشكل (5-9) نموذج آخر لمرجل أكثر تطوراً وخاصةً للحرق المستمر والاستطاعات الأكبر.



شكل (5-9) مرجل متطور لحرق الكتلة الحية

- 7- منظم الهواء الرئيسي
- 8- نفاث الهواء الثانوي
- 9- تغذية وقود
- 10- وصل مع المدخنة
- 11- الماء الساخن الذاهب
- 12- الماء الساخن العائد
- 13- حجرة التغويز

- 1- نفق التعبئة
- 2- شواية شبكية
- 3- حجرة احتراق
- 4- سطوح تبادل حراري
- 5- حجرة تهووية
- 6- فاصل غاز الدخان

تتم عملية الحرق للكتلة الحية في المرجل السابق كاملةً في حجرة واحدة. بينما يتم في هذا المرجل انتقال الكتلة المطلوب حرقها عبر نفق التغذية وتحت تأثير الثقل بحيث تنفصل العمليات الأربعة الواردة في آلية الحرق في المرجل السابق من حيث الفراغ عن بعضها فيتم التسخين والتجفيف في القسم الأعلى من النفق بينما يتم التغويز والتفكك الحراري في وسط النفق، أما حرق الوقود الصلب فيتم عند الشواية في أسفل النفق ويتم حرق الغازات الناتجة والهاربة في حجرة الاحتراق 3 بوجود مزيد من الهواء الجديد المسخن مسبقاً.

يتم تزويد نفق التغذية بآلية للتعبئة دون تعريض النفق للفتح والاتصال بالجو الخارجي أثناء العمل مما قد يؤدي إلى اندفاع الغازات المتشكلة والتي لم يتم حرقها بعد إلى الخارج.

تتميز هذه المراحل بمردود يزيد عن سابقتها بحوالي 10% وكلا النموذجين يستخدم حالياً لحرق القش حيث تزود الأنظمة الأكبر بأجهزة تغذية آلية وأنظمة تصفية دخان. وبالتالي فإن أنظمة حرق القش تعتبر أكثر كلفة.

لا يزال استخدام هكذا تقانات مقتصرًا في البلدان المتطورة على الحالات التي يجب التخلص فيها من الكتلة الحية (بقايا أخشاب وقش ينتجان كمخلفات صناعية وزراعية)، ولم تنتشر هذه التقانات في بلدان العالم الثالث ولا تزال قيد التجارب في المختبرات والدراسات والأبحاث.

9-3-2 التغويز:

التغويز هو تحويل حامل الطاقة في الكتلة الحية إلى حالة غازية باستخدام مواد معوّزة كالأوكسجين وبخار الماء بالإضافة إلى درجات عالية من الحرارة يتم الحصول عليها بحرق جزء من الكتلة الحية. في عملية التغويز يتم إدخال كمية محدودة من الهواء إلى حجرة الاحتراق بحيث تكون النواتج الأساسية هي الهيدروجين H_2 وأول أكسيد الكربون CO. إن تركيب مزيج الغاز الناتج يتعلق بعدة عوامل منها نسب وجود الكربون والهيدروجين والأوكسجين وبخار الماء وكذلك بالمواد المعوّزة من حيث النوعية والكمية والضغط.

في مفاعل التغويز يمكن تمييز مناطق مختلفة أو أجزاء مختلفة للمفاعل:

1- جزء التجفيف بدرجات حرارة حتى $200^{\circ}C$.

2- جزء الحرق الجزئي والتفكك الحراري بدرجات حرارة حتى $500^{\circ}C$.

3- جزء التفحم بدرجات حرارة حتى 700°C .

4- جزء تتم فيه عملية الأكسدة بدرجات حرارة حتى 1400°C .

5- جزء تتم فيه عملية الإرجاع بدرجات حرارة حتى 500°C .

يظهر الشكل (9-6) هذه الفراغات وتوضعها ودرجات الحرارة السائدة فيها.

في منطقة الإرجاع وعن طريق تخفيض درجات الحرارة إلى حوالي 500°C وبوجود بخار الماء

والتفحم يتم إرجاع CO_2 جزئياً إلى CO .

إن الكتلة الحية التي يتم إدخالها إلى جهاز التغويز يجب أن تكون جافة ما أمكن.

من السليبات الكبيرة لعمليات التغويز باستخدام الهواء هو المحتوى العالي للهواء من الآزوت N_2 مما

يؤدي للحصول على غاز منتج ذو قيمة حرارية منخفضة حوالي $5[\text{MJ}/\text{m}^3]$ بينما تبلغ القيمة

الحرارية للبيوغاز حوالي $21.5[\text{MJ}/\text{m}^3]$ وللغاز الطبيعي حوالي $40[\text{MJ}/\text{m}^3]$.

يبين الجدول (9-4) النسب التقريبية لمحتويات الغاز المنتج:

الجدول (9-4)

25%	حتى	10%	من	H_2
30%	حتى	20%	من	CO
15%	حتى	2%	من	CO_2
4%	حتى	0%	من	CH_4
60%	حتى	45%	من	N_2

إذا تم التغويز باستخدام الأكسجين وبخار الماء يمكن الحصول على غاز منتج ذو مواصفات أفضل

بكثير بشكل مزيج رئيسي من H_2 و CO .

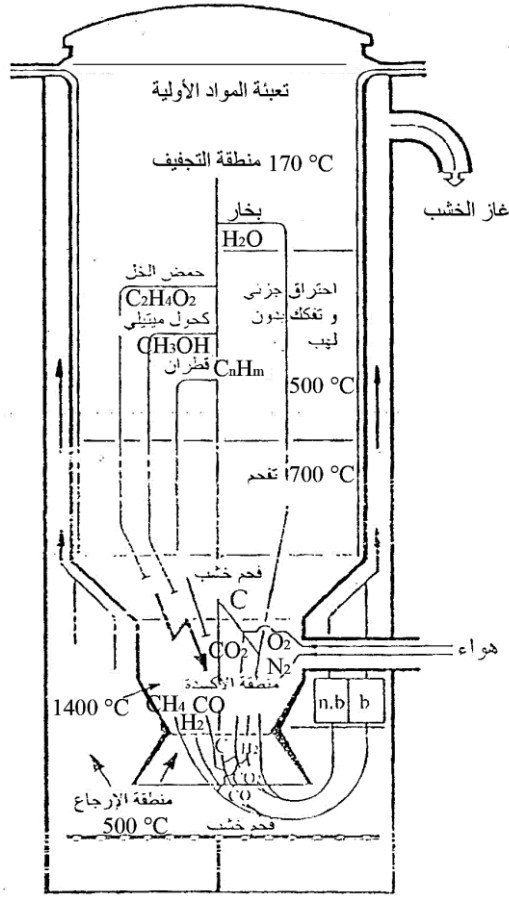
يتم إدخال مواد التغويز (الهواء + بخار الماء) إلى حجرة الإرجاع مباشرة بحيث تساعد أيضاً في تحريك نواتج الاحتراق. وحسب طريقة إدخال هذه المواد نميز ثلاث طرق لعملية التغويز:

1- طريقة التيار المتعاكس أو الاتجاه الصاعد.

2- طريقة التيار المباشر أو الاتجاه النازل.

3- الطريقة المختلطة تشكل منطقة تغويز إعصارية.

يتراوح مردود أجهزة التغويز بين $55 \div 85\%$ حسب طريقة التغويز والمواصفات المتوخاة من الغاز الناتج من حيث المحتوى من المركبات السامة حيث يمكن الحصول على أعلى مردود بطريقة التيار المتعاكس لكن الغاز الناتج يحتوي في هذه الحالة على مواد أكثر سمية ويعتبر بيئياً أقل جودة. في حالة التيار المباشر يكون المردود أقل نسبياً إلا أن المنتج يعتبر أكثر جودة بيئياً.



شكل (6-9) مغووز إمبرت imbert

الطريقة الثالثة تتطلب إدخال الكتلة الحية إلى الجهاز على شكل قطع صغيرة ونحصل على مردود جيد إنما يحتوي الغاز المنتج على بعض المركبات سريعة الانصهار والتبخر من الرماد، لاسيما في حالة المواد الأولية التي تحتوي على نسبة عالية من هذه المركبات.

إن نسب ونوعية تركيب الغاز المنتج تتعلق بعوامل متعددة أهمها:

- 1- الشكل الهندسي للمادة الأولية.
- 2- الوزن النوعي أو الكثافة للمادة الأولية.

3- تركيب المادة الأولية.

4- نسبة الرطوبة في المادة الأولية.

5- المواصفات الترموكيميائية للمادة.

6- محتوى المادة الأولية من الرماد ودرجة الانصهار.

للحصول على مردود أعلى يجب تجفيف المادة الأولية تجفيفاً مسبقاً. ويمكن استخدام الطاقة الحرارية المحسوسة في الغاز المنتج لتجفيف المادة الأولية في مجفف منفصل قبل إدخالها إلى جهاز التغويز.

لاقت أجهزة التغويز بالتيار المباشر انتشاراً واسعاً بعد الحرب العالمية الثانية، وجهاز التغويز الشكل (9-6) مثال على هذا النوع.

تدخل المادة الأولية على شكل قطع برطوبة لا تتجاوز 20%. يتم سحب الغاز المنتج بواسطة مروحة أو بالدفع الطبيعي، ويتم سحب الهواء اللازم للتغويز أيضاً بشكل طبيعي وحسب الحاجة (يتم تصميم فتحة الهواء والمجرى بشكل يحقق ذلك). يتم تحطيم الجزيئات العضوية المركبة المتبقية على الجمرات المتوضعة على الشواية في أسفل الفرن مما يقلل من محتوى الغاز المنتج من الغبار العضوي $0.5 \div [g/m^3]$. يتم استعادة كمية كبيرة من الطاقة الحرارية المحسوسة من الغاز المنتج عن طريق تمريره إلى قميص محيط بالفرن قبل سحبه. ويجب تنظيف وتبريد الغاز قبل استخدامه.

يمكن تشغيل محركات البنزين أو الديزل بالغاز المنتج إلا أن المردود يكون غالباً صغيراً (حوالي 30%) بسبب المحتوى العالي من N_2 . ويتم رفع المردود بمزج الغاز بالوقود التقليدي (مازوت) بنسبة 10% ÷ 8.

تتراوح استطاعة محطات توليد الطاقة العاملة بغاز الخشب بين $30 \div 800 [kW]$ عند استخدام مولدات الاحتراق الداخلي. يمكن الحصول على استطاعات حتى $10 [MW]$ بمحطات ثابتة وربط مختلط لعدة مولدات. ولا تعتبر استطاعات أكبر ذات أهمية لما يتطلبه ذلك من مساحات وتأمين كميات كبيرة من المواد الأولية ونقلها.

تتراوح كلفة التجهيزات اللازمة لإنتاج 1[kW] ما بين 2000 ÷ 1000 دولار أمريكي دون كلفة تحضير الخشب وأنظمة توليد الكهرباء. لا توجد مقارنة دقيقة بين مولدات غاز الخشب ومولدات الديزل. ولا تزال عملية البحث عن استخلاص الطاقة من الكتلة الحية بواسطة التغويز جارية ولا توجد معطيات نهائية. كما أن التقانات نفسها لا تزال قيد البحث والتطوير.

9-3-3 التميع:

يتم تميع الكتلة الحية بثلاث طرق مختلفة:

الطريقة الأولى: التميع عن طريق الإرجاع الكيميائي مع إضافة مواد منشطة وحرارة وضغط مناسبين.

الطريقة الثانية: التفكيك الحراري (Pyrolyse).

الطريقة الثالثة: التحويل إلى ميثانول بعد التغويز وبمساعدة مواد منشطة.

9-3-3-1 طريقة الإرجاع الكيميائي:

عند إضافة CO في درجات حرارة تتراوح بين $400 \div 250$ [°C] وضغوط عالية تتراوح بين

$180 \div 140$ [Bar] وبمساعدة مواد قلووية منشطة يمكن تميع الكتلة الحية بشكل مباشر.

يتم استخدام (إضافة) الماء بكميات كبيرة لحل السيللوز الناشئ.

تبلغ القيمة الحرارية للوقود السائل الناتج حوالي $40 \div 30$ [MJ/Kg] وهي قيمة عالية تصل

إلى حوالي 90% من القيمة الحرارية للوقود الأحفوري إلا أن المواصفات الأخرى للوقود الناتج لا

تضاهي مواصفات الوقود الناتج بطريقة التفكيك الحراري (Pyrolyse) كما أن كلفة إنتاج الوقود بهذه

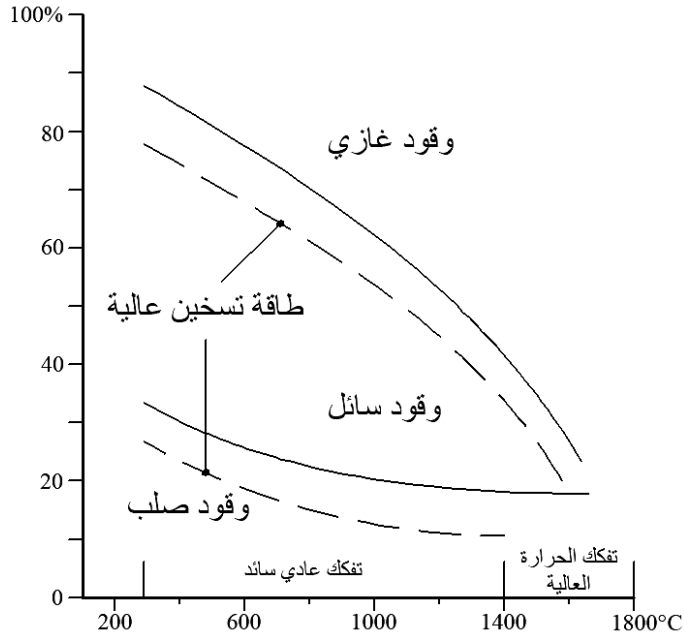
الطريقة تعتبر مرتفعة مما لا يتوقع لهذه الطريقة نجاح تجاري وبالتالي تطور كبير للتقانات اللازمة.

2-3-3-9 طريقة التفكيك الحراري (Pyrolyse):

تتم عملية التفكيك الحراري للمادة العضوية هنا بإضافة الهواء ومصدر طاقة خارجي وبمفاعلات دوارة ومزج جيد ودرجات حرارة بين $300 \div 1000[^\circ\text{C}]$ حيث تتفكك المادة العضوية لوقود غازي وسائل وصلب وبقيمة حرارية $10 \div 15[\text{MJ}/\text{m}^3]$ للوقود الغازي و $23 \div 30[\text{MJ}/\text{kg}]$ للوقود السائل و $20 \div 30[\text{MJ}/\text{kg}]$ للوقود الصلب.

تتعلق نسب المركبات الثلاث وكذلك مردود عملية التفكيك بالعوامل التالية:

- 1- تركيب وشكل قطع المادة الأولية وأحجامها.
 - 2- درجة حرارة التفكك.
 - 3- حجم طاقة التسخين الخارجي.
 - 4- فترة البقاء في المفاعل.
- يبين الشكل (7-9) العلاقة بين نسب منتجات التفكك ودرجات حرارة التفكك السائدة.



شكل (7-9) العلاقة بين نسب نواتج التفكك ودرجات حرارة التفكك و حجم طاقة التسخين

من الواضح أنه عند درجة حرارة تتجاوز 1600°C تتحول المنتجات السائلة التي كانت تشكل النسبة الأكبر عند درجات حرارة منخفضة نسبياً، إلى منتجات غازية وعندها يتم الحديث عن تغويز تفككي (Pyrolytic Gasification). المادة الأولية الأساسية المستخدمة حالياً هي الخشب. عملية التفكك الحراري للخشب لا تزال غير محددة ومدروسة علمياً بشكل كافٍ حتى أن بعض المراحل غير معروفة جيداً، إنما بشكل عام يمكن تقسيم العملية إلى المراحل التالية:

1- حتى 150°C ، طرد الرطوبة وتشكل محدود من حمض الخل والأحماض الأمينية و CO و CO_2 .

2- حتى 270°C ، تشكل كميات متزايدة من الماء كمادة متفككة من المادة العضوية وكذلك تشكل الكحول الميثيلي وحمض الخل و CO و CO_2 .

3- عند $[280^{\circ}\text{C}]$ ، تبدأ عمليات التفكك وبشكل سريع حيث يتفكك حوالي $10\% \div 8$ من المحتوى الحراري للخشب، وتشكل كميات أكبر من الغاز والسائل (حمض الخل والميتانول والهيدروجين والميتان والإيثيلين).

4- حتى $[380^{\circ}\text{C}]$ ، ترتفع درجات الحرارة تحت تأثير عمليات الأكسدة بدون طاقة خارجية وتقل كميات الغاز والسائل المنتجة.

5- تسخين خارجي إضافي بغية الحصول على التركيب المطلوب لأطوار الوقود المنتج.

تبلغ نسب أطوار الوقود المنتج بدرجات حرارة تتراوح بين $[400 \div 600^{\circ}\text{C}]$ كما يلي:

صلب حوالي 35% . سائل بدون ماء حوالي 25% . غازي $20\% \div 15\%$. ماء حوالي 20% .

أقدم طريقة معروفة لعملية التفكيك الحراري هي طريقة إنتاج الفحم الخشبي المعروفة بالتفحيم التي تجري بدرجات حرارة حوالي $[500^{\circ}\text{C}]$. ولا تزال الطريقة المعروفة مستخدمة حتى الآن في البلدان النامية بينما يتم إنتاج فحم الخشب في الدول المتطورة داخل أفران أنبوبية.

في عملية التفحيم القديمة يتم تغطية كمية من الخشب بارتفاع حوالي 1[m] بالتراب وتترك بعض فتحات التهوية ويتم الاشتعال. كان سابقاً يجمع السائل من أسفل مكان التفحيم ويتم استخدامه كقطران في بعض الصناعات اليدوية.

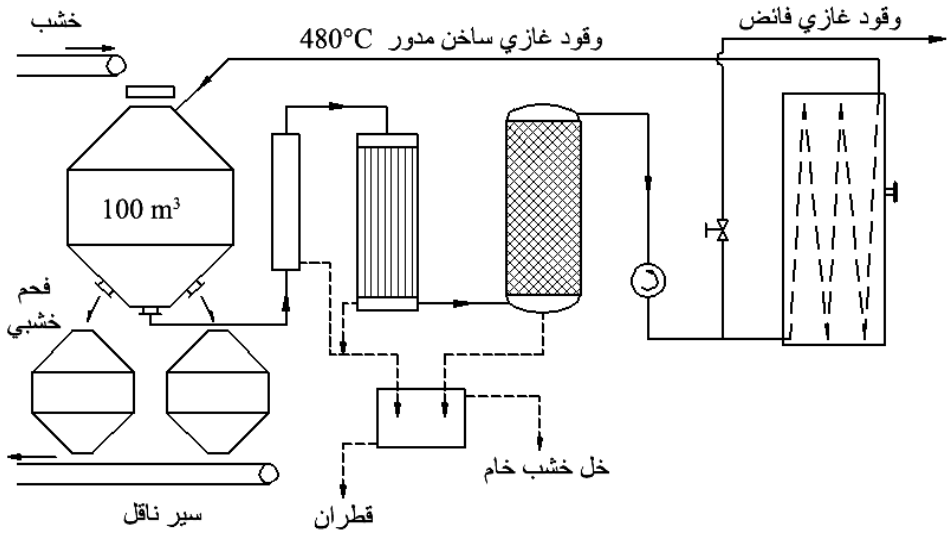
يتم إنتاج الطاقة اللازمة للتفحيم عن طريق حرق جزء من الخشب حيث يتم إنتاج $20\% \div 10$ من وزن الخشب على شكل فحم ويبلغ المردود الأعظمي 30% .

وإن الانتقال إلى إنتاج الفحم بالأفران الأنبوبية الشكل (8-9) سمح بالاستفادة من المنتجات السائلة.

حتى عام 1800 تم إنتاج خل يصلح للطعام وبنوعية جيدة، ولاحقاً تم إنتاج الميتانول وأسيئات الميتانول والأسيتون. ونظراً لإمكانية الحصول على هذه المنتجات في المعامل البتروكيميائية ببساطه فقد عاد الفحم والقطران ليصبحا المنتجين الرئيسيين في نظام التفحيم المبينة في الشكل (8-9).

في الثمانيات تم إنتاج حوالي $10000000[t/a]$ من فحم الخشب على مستوى عالي بشكل صناعي. لا يدخل في هذا الرقم الفحم المنتج بالطريقة البدائية المعروفة والمذكورة سابقاً والتي تصل إلى 10% من استهلاك الخشب عالمياً.

في النظام المبين بالشكل (8-9) يجب تجفيف الخشب قبل إدخاله بحيث لا تتجاوز نسبة الرطوبة 20% وهذا يتطلب مجفف وفترة تجفيف تصل إلى 18 ساعة.



شكل (8-9) التفحيم بطريقة تدوير الغاز

تبلغ سعة المفحم في الشكل السابق حوالي $100 [m^3]$ يتم تغذيته بالمواد الأولية بواسطة سير ناقل. وتتألف منشأة التفحيم من 6 ÷ 7 مفحومات يكون أحدها احتياطياً دائماً. يتم تسخين المفحم بواسطة الغاز المعاد بدرجة حرارة حوالي $500[°C]$ درجة مئوية ويتم استخراج الفحم كما هو مبين عبر فتحات في أسفل المفحم إلى حاويات تجميع وتبريد، أما السائل فيكون في البداية بسبب ارتفاع الحرارة

على شكل غازات يتم تمريرها إلى فاصل القطران ثم إلى مبرد ليتم فصل القطران والخل ثم نقلها إلى جهاز ترقيد حيث يتم فصلها.

أما الغاز المتبقي فيمر إلى مصفاة إضافية تفصل ما تبقى من سائل ويتم دفع الغاز الخارج من المصفاة بواسطة مروحة تدوير إلى جهاز تسخين ليعاد ويستخدم كمصدر طاقة في الفحم. في حال وجود فائض من الغاز المنتج يتم استجراره عبر وصلة فرعية إلى مستهلك مناسب. تستمر عملية التفحيم لقطع الخشب الكبيرة حوالي 10 إلى 15 ساعة. في أغلب الأحيان لا تحتاج العملية إلى طاقة خارجية مساعدة.

إن معالجة وتفحيم 1000[kg] من الخشب تحتاج إلى حوالي [2.75[GJ] من الطاقة الخارجية بما في ذلك الطاقة اللازمة للتجفيف وتبلغ القيمة الحرارية للفحم المنتج حوالي [30[MJ/kg].