تصميم جهاز لتغويز خشب شجرة الأثل

عبد العاطي مطر[1]*، جبريل الجروشي[2]
Abdulati.matar@eng.misuratau.edu.ly[1] , aljarushi@gmail.com[2]
[1] طالب ماجستير، قسم الهندسة الميكانيكية، كلية الهندسة، جامعة مصراتة، ليبيا
[2] أستاذ متقاعد، قسم الهندسة الميكانيكية، كلية الهندسة، جامعة مصراته، ليبيا

الملخص

يعتبر الوقود الأحفوري مصدر الطاقة الرئيسي في العالم المعاصر، إلا أن محدودية هذا المصدر وتأثيراته البيئية السلبية جعل الأمر ملحاً لإيجاد بدائل متجددة وآمنة بيئياً. وتعتبر الكتلة الحيوية إحدى هذه البدائل المتجددة، حيث يمكن استخدام الكتلة الحيوية لإنتاج الغاز الاصطناعي المعروف بغاز المولدات (producer gas)، وهو الغاز الناتج من عملية الإحتراق الناقص للكتلة الحيوية الصلبة، والذي يتكون اساساً من خليط من غازات الهيدروجين وأول اكسيد الكربون والميثان. وتسمى عملية انتاج غاز المولدات عملية التغويز (gasification)، بينما يسمى الجهاز المستخدم في هذه العملية بالمغوز (gasifier). ويمكن استخدام غاز المولدات بعد تنقيته وتبريده كوقود لتشغيل محركات الاحتراق الداخلي. يهدف هذا البحث إلى تصميم جهاز لتغويز خشب الأثل. حيث تمت عملية تصميم مغوز سحب هابط نوع (Impert) بالاعتماد على البيانات التجريبية الصادرة من قبل معهد أبحاث الطاقة الشمسية الأمريكي (SERI). كان طول القطر الأصغر للمغوز 6 سنتيمترات، والقطر الرئيسي للمغوز 26.8 سنتيمتراً، السعة القصوى لاستهلاك الخشب 14 كيلوجرام/ساعة، ومعدل التغويز النوعي (SGR) 0.25 م^3/سم^2. ساعة. تمت عملية تشغيل المغوز بنجاح، حيث كانت عملية إنتاج الغازات القابلة للإشتعال بعد حوالي 15 دقيقة من بدء التشغيل، وبمعدل استهلاك 2.8 كيلوجرام/ساعة من سيقان شجر الأثل بقطر 7±2 مم، وطول 40 إلى 50 ملليمتراً.

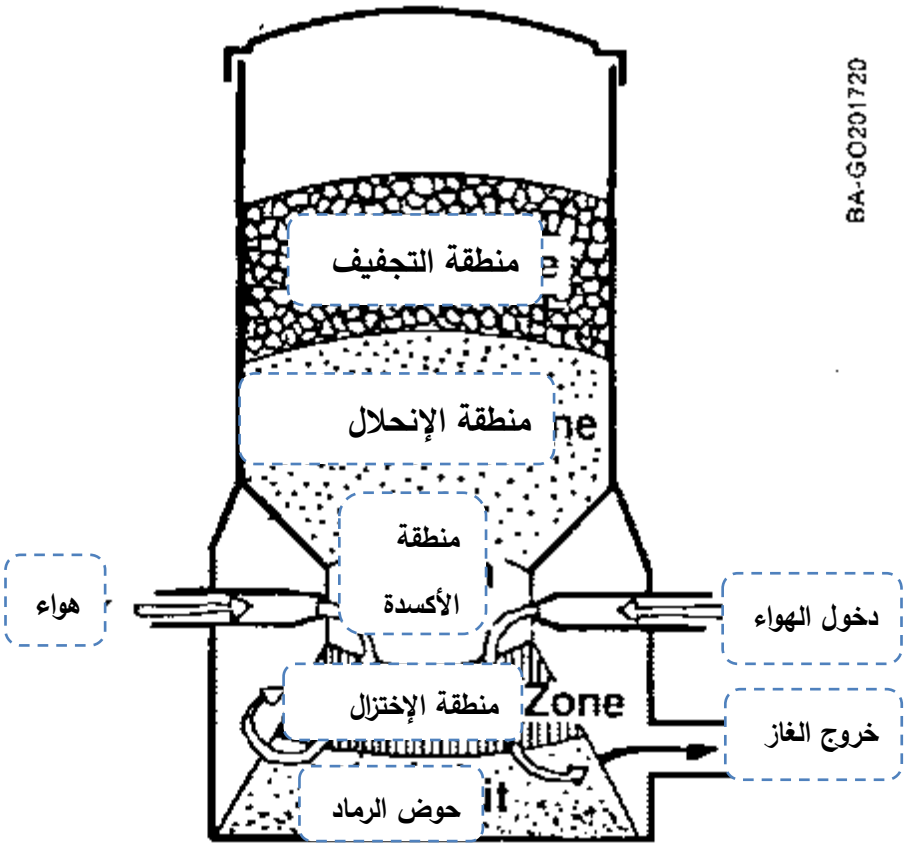
كلمات مفتاحية: *احتراق ناقص، الكتلة الحيوية، مغوز، غاز المولدات، تغويز.*

1. مقدمة

تعتبر الكتلة الحيوية –أحد مصادر الطاقة المتجددة– اختيار للعديد من البلدان بسبب قلة تأثيراتها البيئية، واستمراريتها، وتنوع مصادرها؛ فالكتلة الحيوية مصدر طاقة متجددة لا يزيد مستوى ثاني أكسيد الكربونِ في الجوِّ؛ وأيضاً فإن الإنتاج المحلي للطاقة من الكتلة الحيوية يساهم في تقليل

كلفة نقل وتوزيع الوقود، لذلك فإن العديد من الدول بدأت في استغلال وتطوير هذا المورد خصوصاً في المناطق النائية والأرياف [1]. على الصعيد المحلي– أوضحت بعض الدراسات في هذا المجال (*sayah 2017*) أن ليبيا لها امكانية لإنتاج حوالي 1.72% من طاقتها باستخدام تقنيات طاقة الكتلة الحيوية، التي تتضمن 0.2% من نفاية الخشب، و1.52% من النفايات البلدية [2]. أحد أنظمة طاقةِ الكتلة الحيويةِ والتي استخدمت على نطاق واسع أثناء الحرب العالمية الثانيةِ هو ما يعرف بنظام تغويز الخشب أو الكتلة الحيوية (biomass gasification). والتغويز يعني احتراق ناقصَ للكتلة الحيويةِ يُؤدّي إلى إنتاجِ غازاتِ قابلة للاحتراقِ، تَشْملُ أوّل أكسيد الكربونِ (CO) ، وهيدروجين (H_2) ومقدار ضئيل من الميثانِ (CH_4)، هذا الخليط من الغازات يدعى غاز المولدات (producer gas). المفاعل الذي بواسطته تتم عملية التغويز يدعى المغوز (gasifier) . وتصنف المغوزات أو مولدات الغاز وفقاً لطريقة امداد الهواء أو الأكسجين للمغوز، وعلى ذلك تصنف المغوزات الى ثلاثة أنوع رئيسية: مغوز السحب الصاعد (Updraft) ، ومغوز السحب الهابط (Downdraft) ، ومغوز السحب المستعرض (Crossdraft) [3،1]. ومن أكثر انواع المغوزات شيوعاً والمستخدم لتغذية محركات الإحتراق الداخلي، مغوز السحب الهابط نوع امبيرت (Imbert Downdraft gasifier) وهو عبارة عن جسم أنبوبي يدخل إليه وقود التغذية من القمة ويتجه نحو الأسفل مروراً بمختنق أو حلق المغوز– حيث تتم عملية الاحتراق– بينما يسحب الرماد والغاز من أسفل المغوز. ويوضح الشكل (1) رسماً تخطيطياً لمغوز سحب هابط نوع امبيرت.

تهدف هذه الورقة إلى دراسة تصميم وتصنيع مغوز سحب هابط (downdraft gasifier)، وذلك لغرض تغويز خشب شجر الأثل (.Tamarix spp). الغاز الناتج يمكن أن يستخدم لتشغيل محرك احتراق داخلي. وتم اختيار خشب الأثل كوقود للمغوز نظراً لانتشاره وتوفره محلياً، حيث أن نبات الأثل ينتشر انتشاراً واسعاً في مناطق شمال أفريقيا وحوض البحر المتوسط، علاوة على أن الأثل سريع النمو ومقاوم للجفاف، وكذلك ينمو في مختلف انواع التربة [4].



شكل 1 مخطط لمغوز السحب الهابط [1]

2. الدراسات السابقة:

يعتبر مجال تصميم وتصنيع المغوزات أحد أبرز المجالات التي لقيت اهتماما واسعاً من قبل الباحثين والدارسين في مجال إنتاج الطاقة من الكتلة الحيوية في مختلف بلدان العالم، حيث صمم فجري فيديان (2017) وآخرون *Fajri Vidian et al.* مغوز سحب هابط بسعة استهلاك وقود قصوى 42 kg/h ، ارتفاع جسم المغوز 90 سنتيمتر، القطر الرئيسي 26.8 سنتيمتر و 12 سنتيمتر هو قطر الحلق. تم بناء المفاعل من الصلب المقاوم للصدأ SUS 304. أستعمل الفحم منخفض الكربون والكتلة العضوية من جنوب سومطرة– أندونيسيا كوقود للمفاعل. أظهرت نتائج التجربة أن انتاج الغاز القابل للاشتعال بدأ بعد حوالي 15 دقيقة من التشغيل. نسبة الهواء الى الوقود للفحم منخفض الكربون كانت 1.7 والتي هي أعلى من الكتلة العضوية (1.1) [5]. كما أجريت دراسة تجريبية أخرى على مغوز سحب هابط من قبل سمير كومار وآخرين Samirkumar et.al (2018)، حيث ركزت الدراسة على انتاج الغاز المصنع وتأثير البارامترات

المختلفة مثل النسبة المكافئة ومحتوى الرطوبة في الخشب المستعمل على تركيب الغاز المصنع. وقد تم تصميم نموذج المغوز بمقاس معملي لغرض التجارب، وصممت جميع أجزاء المغوز استنادا على معدل التغويز النوعي (SGR) يساوي .2000 $m^3/m^2.hr$ كانت نسبة مكافئة 0.4 الى 0.5 [6].

3. **العمليات والتفاعلات الكيميائية داخل مغوز السحب الهابط:**

يمر الوقود أثناء تحوله إلى غاز بأربع مناطق داخل المغوز تحدث بها عدة عمليات وتفاعلات مختلفة، وهذه المناطق على الترتيب هي: منطقة تجفيف الوقود، ومنطقة عملية التفسخ أو الانحلال الحراري، ومنطقة عملية الأكسدة أو الاحتراق، ومنطقة عملية الاختزال. وتحدث التفاعلات الرئيسية في منطقتي الأكسدة (الاحتراق) والاختزال.

أ – تفاعلات منطقة الاحتراق Combustion zone:

يعد تفاعل الاحتراق طارداً للحرارة وينتج عنه نظرياً درجة حرارة أكسدة في حدود 1450 درجة مئوية، بينما تتمثل نواتج الاحتراق الكامل في بخار الماء وثاني اكسيد الكربون، وعليه فان التفاعلات الرئيسية هي كالتالي: [7,3]

$C + O_2 = CO_2$ (+ 393 MJ/kg mole)

$2H_2 + O_2 = 2H_2O$ (+ 242 MJ/kg mole)

ب – تفاعلات منطقة الاختزال reduction zone:

ان نواتج الاحتراق الجزئي (الماء، وثاني أكسيد الكربون، ونواتج الانحلال الحراري) سوف تعبر خلال فرش فحم متوهج حيث تحدث تفاعلات الاختزال التالية: [7,3]

$C + CO_2 = 2CO$ (− 164.9 MJ/kg mole)

$C + H_2O = CO + H_2$ (− 122.6 MJ/kg mole)

$C + 2H_2 = CH_4$ (+ 75 MJ/kg mole)

$CO_2 + H_2 = CO + H_2O$ (− 42.3 MJ/kg mole)

درجات الحرارة في منطقة الاختزال عادة (800 إلى 1000) درجة مئوية.

4. **المتغيرات والمصطلحات المرتبطة بعملية تصميم المغوزات:**

أ.**النسبة المكافئة:** *Equivalence Ratio (ER)* وتعرف بأنها نسبة كمية الهواء الحقيقية اللازمة لكل كيلوجرام من الوقود الصلب الى نسبة كمية الهواء النظرية اللازمة للاحتراق الكامل للوقود.

وتمثل القيمة 0.4 القيمة المثالية للنسبة المكافئة في عمليات تغويز الخشب ويعبر عنها رياضياً كما يلي: [6].

$$ER = \frac{(A/F)_{actual}}{(A/F)_{stoichiometric}} \quad \text{.....} \quad (1)$$

$(A/F)_{actual}$ ، $(A/F)_{stoichiometric}$ نسبة الهواء إلى الوقود الحقيقية والنظرية على التوالي.

ب.معدل التغويز النوعي *Specific Gasification Rate (SGR)*: وهو معدل التدفق الحجمي للغاز المنتج نسبة إلى مساحة المقطع العرضي لحلق المغوز. وتتراوح قيمته ما بين (0.1 إلى 0.9 $Nm^3/cm^2.hr$)، ويعبر عنه رياضياً بالمعادلة: [8،9]

$$SGR = \frac{Q_g}{A_t} \quad \text{.....} \quad (2)$$

حيث: Q_g = معدل تدفق الغاز المنتج، A_t= مساحة مقطع حلق المغوز.

ج. معدل تدفق الوقود الصلب النوعي: *Specific Solid Flow Rate (SSR)* وهو معدل تدفق الكتلة الحيوية عبر حلق المغوز، وهو تعبير مشتق وبديل عن معدل التغويز النوعي (*SGR*)، ووحداته هي ($kg/cm^2.hr$) وحيث أن عملية تغويز واحد كيلوجرام من الخشب تعطي تقريبا 2.4 متر مكعب من الغاز فإنه يمكن كتابة العلاقة التالية:[7،6]

$$SSR = SGR/2.4 \quad \text{.....} \quad (3)$$

5. حسابات تصميم المغوز:

في هذا البند سوف نقوم بإجراء الحسابات لإيجاد أبعاد المغوز المقترح في هذه الدراسة، وهو عبارة عن مغوز سحب هابط نوع إمبيرت (Imbert)، وذلك بناءً على معدل تدفق غاز المولدات المطلوب لتشغيل محرك احتراق داخلي إفتراضي– رباعي الأشواط إشعال بالشرارة. المواصفات الفنية للمحرك المقترح موضحة في الجدول (1)، بينما يوضح الجدول (2) فرضيات وشروط التصميم الابتدائية.

جدول (1) المواصفات الفنية للمحرك المقترح في الدراسة

الموديل HSO3500CE	
المحرك	210
الخرج	3.6 كيلو وات

السرعة المقننة	3000 دورة/دقيقة
إزاحة المكبس	0.208 لتر
الاسطوانات	1

جدول (2) فرضيات وشروط التصميم

نوع المغوز	Downdraft (Impert Type)
نوع الوقود	خشب الأثل
معدل التغويز النوعي	0.25 ($m^3/cm^2.hr$)
النسبة المكافئة	0.4
كفاءة التغويز	%60

5-1. حساب أبعاد المغوز:

يتم أولاً حساب معدل التدفق الحجمي الأقصى (النظري) لخليط الهواء- والغاز، ويساوي معدل الحجم المزاح (V_s) لأسطوانة المحرك، وحيث أن نسبة الهواء إلى الوقود (الغاز) النظرية هي 1.1 إلى 1 متر مكعب من الغاز، وبمعلومية عدد دورات المحرك في الدقيقة n ، والإزاحة الكلية للمحرك باللتر D_s، فإن تدفق الغاز يتم حسابه كما يلي: [9]

- معدل الإزاحة الحجمية الكلية للمحرك (V_s):

$$V_s = \frac{\frac{1}{2} \times n \times D_s}{60 \times 1000} = 0.0052 \ m^3/s$$

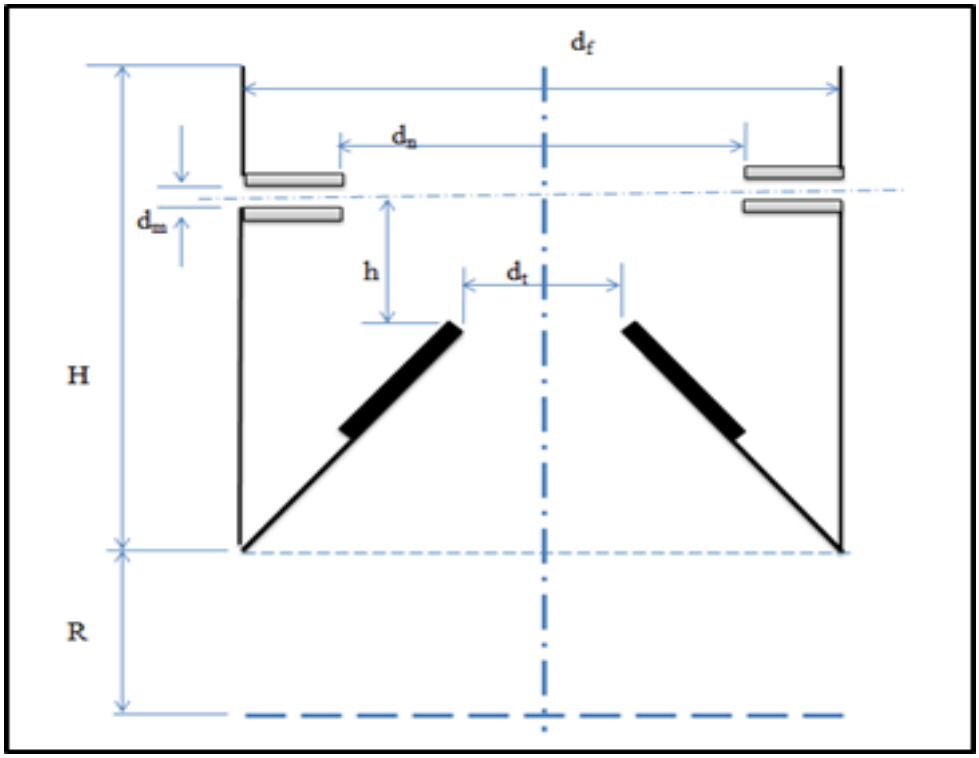
- معدل التدفق الحجمي للغاز (Q_g):

$$Q_g = \frac{V_s}{2.1 \times 3600} \times \eta_v = 7.1314 \ m^3/hr$$

ومن معادلة معدل التغويز النوعي، يتم حساب مساحة مقطع حلق المغوز (A_t) ومن ثم حساب طول القطر الأصغر للمغوز:[9]

$$A_t = \frac{Q_g}{SGR} = 28.5256 \ cm^2 \Rightarrow \ d_t = \sqrt{\frac{4 \times \ A_t}{\pi}} = 6.026 \ cm \approx 6 \ cm$$

وبمعلومية (d_t) يتم تحديد الأبعاد والمتغيرات الرئيسية لمغوز السحب الهابط الموضحة في الشكل (2)، وذلك بحسب الكتيب الصادر من قبل معهد أبحاث الطاقة الشمسية الأمريكي (SERI) والمعد بواسطة (reed & Das 1988) [1]، كما في الجدول المبين في الملحق (أ). ويوضح الجدول (4) أبعاد المغوز المستخدم في هذه الدراسة.



شكل 2 الأبعاد الرئيسية لمغوزات السحب الهابط

5-2. حساب معدل استهلاك الوقود الصلب (الخشب):

يمكن التنبؤ بمعدل استهلاك الوقود الصلب (M_s) على أساس معدل إنتاج الغاز، حيث أن تغويز 1 كيلوجرام من الخشب ينتج حوالي 2.4 متر مكعب من غاز المولدات [7,6]. $M_s = \frac{Q_g}{2.4} = 2.97\ kg/hr$

5-3. حساب معدل تدفق الهواء للمغوز:

ولحساب معدل تدفق الهواء للمغوز يتطلب منا الحصول على التحليل النهائي للوقود الصلب (الخشب) لمعرفة النسب الوزنية لمكونات الوقود، حيث يبين الجدول (3) التحليل النهائي لخشب الأثل المعتمد كوقود للمغوز [10].

جدول (3) التحليل النهائي لخشب الأثل [10]

م	المكون	النسبة الوزنية %
1	الكربون	49.46
2	الهيدروجين	5.39
3	الأكسجين	40.65
5	الكبريت	0.72
6	نسبة الرماد	3.55

وبالنظر إلى معادلات احتراق هذه العناصر يمكننا حساب نسبة الهواء إلى الوقود النظرية $\left(\left(A/F\right)_{stoichiometric}\right)$ حسب المعادلة التالية: [5]

$$\left(A/F\right)_{stoichiometric} = \frac{1}{0.232}\left[\frac{8}{3}C + 8H_2 + S - O_2\right]$$

حيث أن: O_2, S, H_2, C هي كسر الكتلة في الوقود الصلب لكل من الكربون، والهيدروجين، والكبريت، والأكسجين على التوالي.

$$\left(A/F\right)_{stoichiometric} = 5.87\ kg_{air}/kg_{wood}$$

وتحسب نسبة الهواء إلى الوقود الحقيقية اللازمة للتغويز $\left(\left(A/F\right)_{actual}\right)$ من علاقة تعريف النسبة المكافئة (ER) حسب المعادلة (1): [7,6]

$$\left(A/F\right)_{actual} = ER \times \left(A/F\right)_{stoichiometric} = \frac{(m_a)_{actual}}{M_s}$$

$$= 2.35\ kg_{air}/kg_{wood}$$

وبالتالي فإن معدل تدفق الهواء الكتلي الحقيقي $\left((m_a)_{actual}\right)$ هو:

$$(m_a)_{actual} = \left[\left(A/F\right)_{actual}\right] \times M_s = 6.7\ kg/hr$$

يبين الجدول (4) أبعاد ومتغيرات المغوز المستخدم في هذه الدراسة.

جدول (4) ابعاد ومتغيرات المغوز المستخدم في الدراسة

ر.	الوصف	الرمز	القيمة	الوحدة
1	قطر حلق المغوز	d_t	60	ملليمتر
2	قطر الفرن الرئيسي	d_f	268	ملليمتر
3	قطر دائرة منافث الهواء	d_n	150	ملليمتر
4	ارتفاع مستوى المنافث فوق الحلق	H	80	ملليمتر
5	ارتفاع منطقة الفرن	H	256	ملليمتر
6	ارتفاع منطقة الأكسدة	R	100	ملليمتر

7	قطر منفث الهواء	d_m	7.5	ملليمتر
8	سرعة نفث الهواء	u_m	22.4	م/ث
9	عدد منافث الهواء	N	5	...
10	السعة القصوى لإنتاج الغاز	Qg (max.)	30	متر^3/ساعة
11	السعة القصوى لاستهلاك الخشب	Ms (max.)	14	كجم/ساعة
12	معدل تدفق الهواء الكتلي	$(m_a)_{actual}$	6.7	كجم/ساعة
13	معدل تدفق وقود الخشب	M_s	2.97	كجم/ساعة

6. تصنيع المغوز:

تم تصنيع المغوز من الفولاذ الطري حسب الأبعاد الرئيسية المبينة في الجدول (4)، تميزت عملية تصنيع وتجميع أجزاء المغوز والفاصل الدوامي بالبساطة وعدم التعقيد، باستثناء بعض الأجزاء التي تتطلب الدقة في الأبعاد مما استلزم استخدام آلات الخراطة وتشكيل المعادن. حيث يتكون جهاز التغويز من المكونات الرئيسية التالية:

أ. **خزان الوقود:** وهو عبارة عن جسم اسطواني يحتل الجزء العلوي للمغوز، وقد تمت صناعته من الفولاذ الطري بسماكة 3 ملليمترات.

ب. **منطقة الحلق:** وهي عبارة عن بوق متقارب متباعد، وبزاوية ميلان 60 درجة، ومصنوع من الفولاذ الطري بسمك 4 ملليمترات، وقطر أكبر وقطر أصغر 150 و60 ملليمتراً على التوالي. تتوزع خمس فوهات للهواء بشكل شعاعي على محيط حلقة دائرية قطرها 150 ملليمتراً على ارتفاع 80 ملليمتراً فوق القطر الأصغر، وقطر الفوهة 7.5 ملليمتر.

ج. **المشبك:** وهو السطح الذي يستقر عليه فحم الوقود (الخشب) المتوهج في أسفل المغوز. وهو عبارة عن قرص معدني دائري يركب أسفل بوق منطقة التغويز بمسافة 100 ملليمتر، مصنوع من الفولاذ الطري بسماكة 4 ملليمترات، يحتوي على فتحات تسمح بمرور الرماد دون الوقود.

د. **خزان الرماد:** وهو عبارة عن حوض أسطواني معدني يقع أسفل المشبك مباشرة حيث يتم تجميع الرماد الناتج. وللحوض فتحة لكسح الرماد وتنظيف الحوض.

هـ. **الأجهزة الملحقة:** وهي الأجهزة والمعدات المستخدمة لنقل وتنقية وتجهيز الغاز، وتشمل جهاز الفصل الاعصاري (cyclone separator) ، والمبرد، ومصفى الغاز، ونافخ الهواء، وأنابيب التوصيل.

ويبين الشكل (3) المغوز مع ملحقاته المختلفة.

شكل (3) المغوز مع ملحقاته

7. إجراء التجربة:

في هذا البند سوف نستعرض خطوات إجراء تجربة تشغيل جهاز تغويز سحب هابط يستخدم خشب الأثل كوقود، حيث تم تجميع وتركيب المغوز محلياً وباستخدام مواد خام متوفرة محلياً.

7-1. وصف الوقود:

تم في هذه الدراسة استخدام نوعين من وقود خشب الأثل: أحدهما عبارة عن سيقان شجر الأثل متوسط قطرها (7 ±2 مم)، وطولها (40 – 50 مم)، والنوع الثاني هو كتل خشبية متوسط حجمها 25×40×50 مم، كما هو موضح في

خزان الرماد

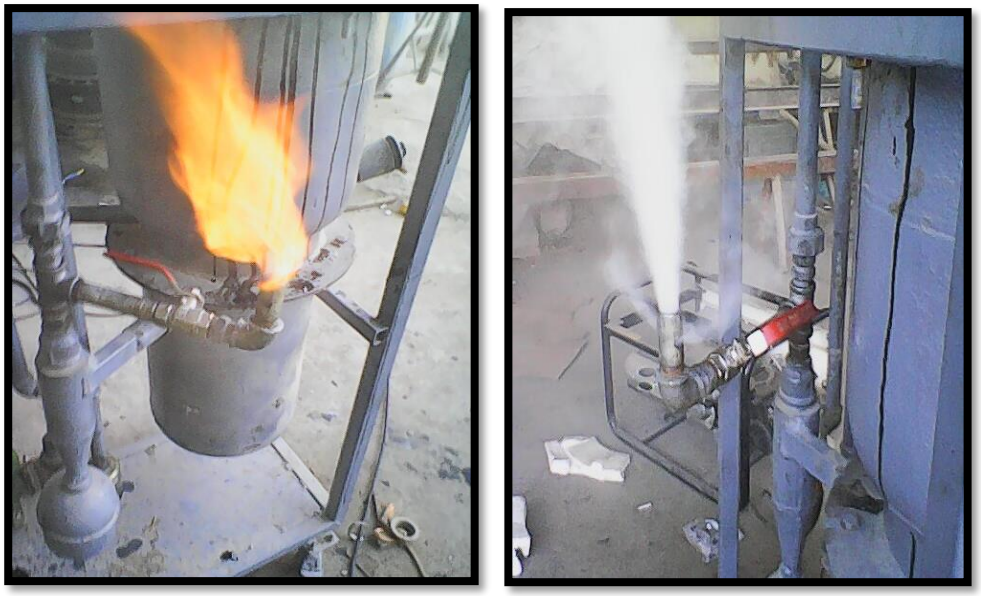
نافخ الهواء

شكل (4): وقود خشب الأثل: (أ) سيقان شجر الأثل (ب) كتل خشب الأثل

7-2. خطوات تشغيل المغوز:

1. قبل البدء في إجراء تشغيل المغوز يجب اختيار مكان مفتوح وجيد التهوية لإجراء التجربة، كذلك يجب تنظيف خزان الرماد، ومجمع الفاصل الإعصاري، والتأكد من نظافة منافث ومسالك الهواء والغاز وفتحات تصريف المتكاثف، بالإضافة إلى اتخاذ إجراءات السلامة.
2. يتم ملء خزان الوقود بقطع الخشب، مع مراعاة أن يكون مستوى الوقود أعلى من مستوى منافث الهواء، ثم إحكام غلق غطاء الخزان لمنع تسرب الهواء والغازات.
3. تتم عملية اشعال الوقود باستخدام نافخ اللهب أو بوضع بعض قطع الفحم المشتعل عند منطقة الاحتراق قريباً من منطقة الحلق بالتزامن مع إمداد الهواء للمغوز وذلك بنفخ الهواء عبر طريق منافث.
4. بعد حوالي العشر دقائق (المدة حسب نوع الوقود) يتم اختبار اشتعال الغاز الخارج، وإذا نجحت عملية الإشتعال يتم إيقاف نافخ الهواء بالتزامن مع تشغيل المحرك ليقوم بدور سحب الهواء إلى المغوز، مع ملاحظة نسبة خلط الهواء و الغاز الداخل للمحرك وهي عادة في حدود 1:1.1 حتى يستقر تشغيل المحرك. ويوضح الشكل (5) عملية اختبار اشتعال الغاز.

5. لإيقاف تشغيل المغوز عند أي لحظة يتم إغلاق فتحتي دخول الهواء وخروج الغاز.



شكل (5) تشغيل المغوز واختبار اشتعال الغاز

8. مناقشة النتائج والاستنتاجات:

تمت عملية تشغيل واختبار جهاز التغويز باستخدام نوعين مختلفين من وقود خشب الأثل وهما: الأول يتكون من قطع سيقان الأثل بقطر 7±2 مم وطول متوسط 40 مم، بينما النوع الثاني عبارة عن كتل خشبية بأبعاد 25×40×50 مم تقريباً. عند استخدام نوع الوقود الأول، بدأت عملية انتاج الغاز القابل للإشتعال بعد حوالي (15) دقيقة من بدء التشغيل، حيث كان اشتعال الغاز بلهب أصفر برتقالي مما يشير إلى وجود نسبة من المواد الطيارة في الغاز[5]، وكان معدل استهلاك الخشب حوالي 2.8 كيلوجرام/ساعة، وهو معدل قريب جداً من المعدل التصميمي للمغوز. بينما تأخرت عملية انتاج الغاز قليلاً عند استخدام النوع الثاني من الوقود، وكان اشتعال الغاز بلهب يميل إلى اللون الأحمر مما يعني وجود فائض من أول أكسيد الكربون [11].

ومن خلال هذه الدراسة يمكن تلخيص الاستنتاجات على النحو التالي:

1- من خلال التجربة تبين لنا أن وقود النوع الأول المتمثل في سيقان شجر الأثل المبين في الشكل (4)أ يعتبر هو الأنسب لتشغيل المغوز، حيث كان اشتعال الغاز مستقراً، إلا أنه لزمنا تقليبه بين الفينة والأخرى لضمان تدفقه عبر الحلق.

2- من الممكن استخدام خشب الأثل كمصدر لوقود حيوي محلي يصلح لتغذية مغوزات السحب الهابط والمستخدمة لتشغيل محركات الاحتراق الداخلي.

3- إن استخدام خشب الأثل كوقود لمغوز السحب الهابط قيد الدراسة يواجه عدة صعوبات منها:

- اختيار شجر الأثل كمصدر لوقود المغوزات يجعله مستهدفاً بالإزالة مما يؤثر سلباً على البيئة، إلا أن سرعة نموه وقلة تكاليف زراعته قد تجعل منه مرشحاً قوياً لاستخدامه كوقود حيوي.
- صعوبة الحصول على أحجام منتظمة لقطع الوقود وملائمة لتغذية المغوز.

9. الخلاصة:

مما سبق تبين لنا إمكانية استخدام خشب الأثل كوقود حيوي لتغذية مغوزات السحب الهابط مع بعض الصعوبات الممكن التغلب عليها.

10. شكر وتقدير:

نتقدم بجزيل الشكر إلى كل من: قسم الهندسة الميكانيكية جامعة مصراتة، وورشة الخاني للخراطة العامة بمصراتة، ومصنع الشلتات للحدادة بالليزر بمصراتة، لحسن تعاونهم معنا في سبيل إنجاز هذا العمل.

11. المراجع:

1. *T. B. Reed, and A. Das, "Handbook of biomass downdraft gasifier engine systems," st Ed, SERI, U.S.A, 1988.*

2. *Giuma A. Sayah, "The Use of Renewable Energy Technologies in the Libyan Energy System ", Berlin university 2017, p. 26.*

3. *D. Yogi Goswami, "Alternative Energy in Agriculture", CRC Press, 1986, pgs. 83-102.).*

4. *Abasali N. Sadegh, et al.," Experimental characterization of shrinkage and density of tamarix aphylla wood", Cellulose Chem. Technol., 46 (5-6), 369-373 (2012),Iran.*

5. *Fajri Vidian et al.," Design, Construction and Experiment on Imbert Downdraft Gasifier Using South Sumatera Biomass and Low Rank Coal as Fuel " Int. Journal of*

Engineering Research and Application ISSN : 2248-9622, Vol. 7, Issue 3, (Part -6) March 2017, pp.39-44.

6. *N. S. Samirkumar et al; " Design, development and experimental studies of downdraft gasifier" International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology 2018.*

7. *FAO 1986, FAO Forestry Paper 72, "wood gas as engine fuel", Rom 1986.*

8. *J. Venselaar, "Design Rules for Down Draft Wood Gasifiers: a Short Review," pp. 1–24, 1986.*

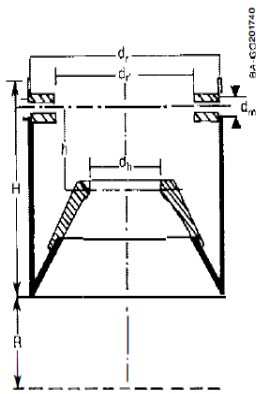
9. *V. V. N. Kishore, "Renewable energy engineering and technology", TERI press, 2007.*

10. *Jamie Nielsen et al., "Converting Riparian Restoration Waste to Energy: Testing Tamarisk (Tamarix spp.) Woody Biomass as Fuel for Downdraft Gasification", Ecological Restoration, September 2011, University of Wisconsin Press.*

11. *www.Engineer.decorexpro.com*

الملحق:

الأبعاد والمتغيرات الرئيسية لمغوزات السحب الهابط نوع (Imbert) [1]

d_r/d_h	d_h mm	d_r mm	$d_{r'}$ mm	h mm	H mm	R mm	A No.	d_m mm	$\frac{A_m \times 100}{A_h}$	$\frac{d_r}{d_h}$	$\frac{h}{d_h}$	Range of Gas Output max. Nm^3/h	Range of Gas Output min. Nm^3/h	Maximum Wood Consumption kg/h	Air Blast Velocity Vm m/s
268/60	60	268	150	80	256	100	5	7.5	7.8	4.5	1.33	30	4	14	22.4
268/80	80	268	176	95	256	100	5	9.0	6.4	3.3	1.19	44	5	21	23.0
268/100	100	268	202	100	256	100	5	10.5	5.5	2.7	1.00	63	8	30	24.2
268/120	120	268	216	110	256	100	5	12.0	5.0	2.2	0.92	90	12	42	26.0
300/100	100	300	208	100	275	115	5	10.5	5.5	3.0	1.00	77	10	36	29.4
300/115	115	300	228	105	275	115	5	11.5	5.0	2.6	0.92	95	12	45	30.3
300/130	130	300	248	110	275	115	5	12.5	4.6	2.3	0.85	115	15	55	31.5
300/150	150	300	258	120	275	115	5	14.0	4.4	2.0	0.80	140	18	67	30.0
400/130	130	400	258	110	370	155	7	10.5	4.6	3.1	0.85	120	17	57	32.6
400/150	135	400	258	120	370	155	7	12.0	4.5	2.7	0.80	150	21	71	32.6
400/175	175	400	308	130	370	155	7	13.5	4.2	2.3	0.74	190	26	90	31.4
400/200	200	400	318	145	370	153	7	16.0	3.9	2.0	0.73	230	33	110	31.2

Variables not given in figure are defined as follows:
d_m = inner diameter of the tuyere.
A_m = sum of cross sectional areas of the air jet openings in the tuyeres.
A_h = cross sectional area of the throat.
A = number of tuyeres.
Source: Kaupp 1984a, Table 5; Fig. 75.