تأثير الضغط الابتدائي على سرعة انتشار اللهب الطباقية لخليط الهواء - البروبان

د. محمد ناصر الفتال *

Received on: 11 /5/ 2010
Accepted on: 4/11/ 2010

الخلاصة

تم اجراء دراسة عملية لتأثير الضغط الابتدائي على سرعة جبهة اللهب الطباقية لخليط غاز البروبان -هواء ولمدى واسع من النسب المكافئة.ولاجراء ذلك تم تصميم منظومة قياس استخدم فيها طريقة الحجم الثابت وتقنية المزدوجات الحرارية لقياس سرعة جبهة اللهب. وتم استخدام طريقة نسبة الكثافة لقياس سرعة انتشار اللهب. ان مقارنة النتائج التي تم الحصول عليها في البحث الحالي مع النتائج المنشورة بينت وجود توافق كبير بينها، مما يدلل على نجاح ودقة التقنية والحسابات المستخدمة في هذا البحث.

Effect of Initial Pressure upon Laminar Burning Velocity of Propane -Air Mixture

Abstract

The effect of the initial pressure upon the laminar flame speed, for a Propane-air mixture, has been detected practically, for a wide range of equivalence ratio. Measurement system is designed in order to measure the laminar flame speed using a constant volume method with thermocouples technique. The laminar burning velocity is measured, by using the density ratio method. The comparison of the present work results with a previous ones show good agreement between them, which indicates that the measurements and the calculations employed in the present work are successful and precise.

الخلاصة

تعرف سرعة انتشار اللهب بأنها ثابت فيزيوكيميائي (physicochemical) لخلائط الوقود-الهواء. وتعرف بأنها السرعة التي تنتشر بها جبهة اللهب وبشكل عمودي على سطحها خلال الغازات غير المحترقة [1] . ان دراسة انتشار اللهب الطباقي والاضطرابي مهمة لتحليل عمليات الاحتراق المسيطر عليها كما في محركات الاحتراق الداخلي والتوربينات الغازية والافران. اجريت دراسات كثيرة لسرعة انتشار اللهب الطباقية وبتقنيات اختبار مختلفة الا ان الحاجة مازالت ماسةلاجراء المزيد من الدراسات بسبب حاجتنا لقيم عملية لسرعة انتشار اللهب الطباقية في تصميم منظومات الاحتراق المختلفة والنموذج الرياضي الذي يهتم بدراسة سرعة انتشار اللهب الاضطرابية وتحت ظروف ابتدائية مختلفة من ضغط ودرجة حرارة. في هذا البحث تم استخدام طريقة الحجم الثابت (constant volume method) والتي استخدمت من قبل عدد من الباحثين وبتقنيات قياس مختلفة [1,2,3,4,5,6 and 7]، والتقنية المستخدمة هنا هي المزدوجات الحرارية لقياس سرعة انتشار اللهب الطباقية لخليط البروبان الهواء وهذه الطريقة يستخدم فيها وعاء صلد مغلق اما ان يكون كروي او اسطواني ويكون في الغالب بقطر (30 cm) حيث عند

* Machines & Equipments Engineering Department, University of Technology/Baghdad

https://doi.org/10.30684/etj.28.23.20
2412-0758/University of Technology-Iraq, Baghdad, Iraq
This is an open access article under the CC BY 4.0 license http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

اشعال الخليط تتكون جبهة لهب كروية تنتشر خلال الخليط غير المحترق مما يسبب زيادة في الضغط ودرجة الحرارة. وتمتاز هذه الطريقة عن الطرق الاخرى بحيث يمكن تغيير الظروف الابتدائية للخليط وعند اشعاله مركزيا سيعطي سرع مختلفة عند الظروف المختلفة.

الجهاز المستخدم للقياس:-

تم تصميم منظومة لقياس سرعة جبهة اللهب تتكون من الاجزاء الرئيسية التالية (انظر الشكل (1)):

ا- اسطوانة اللهب وملحقاتها

ب- وحدة تحضير الخليط

ج- وحدة قياس سرعة جبهة اللهب

ء- وحدة الاشعال والسيطرة

يتم تحضير خليط هواء- بروبان بوحدة الادخال (اعداد الخليط) اعتمادا" على قانون دالتون Dalton law وتجهيزه الى غرفة الاحتراق (الاسطوانة) حيث يتم تحديد الضغط الابتدائي ودرجة الحرارة الابتدائية للخليط بعدها يتم الاشعال عن طريق وحدة الاشعال وتقاس سرعة جبهة اللهب (S_f) للخليط المذكور(شكل 1). الاجزاء الرئيسية المستخدمة في جهاز الاختبار تم تصنيعها في الجامعة التكنولوجية حيث تم استخدام اسطوانة ذات قطر (305 mm) وطول (305 mm) وسمك (11mm) من الحديد المصلب ويتم الاشعال فيها مركزيا" واستخدمت تقنية المزدوج الحراري لتحديد موقع جبهة اللهب التي تأتي نتيجة الاشعال حيث يكون نمو نواة اللهب كرويا" ووضعت المتحسسات (المزدوج الحراري) في منطقة (فترة ثبوت الضغط) (pre-pressure period) وربطت مع الحاسبة من خلال جهاز سيطرة (interface) صمم لهذا الغرض وتم بناء برنامج لحساب سرعة انتشار اللهب باعتماد طريقة نسبة الكثافة (Density Ratio Method) التي اوردها المصدر [10] بالمعادلة التالية:

$$Su = S_f \frac{r_b}{r_u} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

$$\frac{\overline{r}}{r_u} = \frac{T_u}{T_f} \cdot N \cdot I \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

حيث تم احتساب النسبة المولية

$$N = \frac{\sum n_r}{\sum n_p} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

كما مبين في الشكل (3)

وتم احتساب قيمة معامل سمك جبهة اللهب (Flame Thickness Factor (I)) من المعادلة

$$I = \frac{1.04}{r_b^3}\left[(r_b - d)^3 + \frac{3T_b r_b^2 d}{(T_b - T_u)} \ln\left|\frac{T_b}{T_u}\right|\right] \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

وهذه العلاقة التي اوردها الباحث [2] كما في الشكل (3)

$$Su = S_f \cdot \frac{T_u}{T_{ad}} \cdot N \cdot I \quad \ldots\ldots (5)$$

T_{ad} هي درجة الحرارة الاديباتية ولايجادها تم استخدام معادلة الباحث [4] وكما مبين في الشكل (5).

النتائج والمناقشة

تم قياس سرعة جبهة اللهب (S_f) كما مبين في الشكل (6) ولضغوط ابتدائية مختلفة حيث يلاحظ ان السرعة تزداد بزيادة النسبة المكافئة والعلاقة بين سرعة جبهة اللهب والنسبة المكافئة علاقة اسية (polynomial relationship) ، او كلما ازدادت النسبة المكافئة (ϕ)، تزداد سرعة جبهة اللهب الى ان تصل الى قيمة عظمى بالقرب من نسبة الخلط الكيميائي الصحيح ثم تبدأ السرعة بالنقصان كلما ازدادت النسبة المكافئة و قورنت النتائج مع باحثين اجروا تجاربهم عند ضغط (1 bar) وكانت النتائج متوافقة مع الباحثين تحت نفس الظروف وبتقنيات مختلفة كما في الشكل (7). ان

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

هذا السلوك لسرعة جبهة اللهب ناتج عن ارتباط سرعة جبهة اللهب بدرجة حرارة اللهب [11].

الشكل (8) يمثل علاقة سرعة انتشار اللهب مع النسبة المكافئة لضغوط ابتدائية مختلفة وهذا التأثير مشابهه الى تأثير سرعة جبهة اللهب التي تم شرحها سابقا".

الاستنتاجات

1- يمكن استخدام تقنيات المزدوجات الحرارية في الحجم الثابت لقياس سرعة انتشار اللهب وبدقة مقبولة جدا.

2- بزيادة الضغط الابتدائي لخليط هواء-بروبان تقل سرعة انتشار اللهب والعكس صحيح.

3- تم ايجاد بيانات لتأثير الضغط الابتدائي لقيم اقل من الضغط الجوي وقيم اعلى من الضغط الجوي وبيان مدى تأثير الضغط على سرعة انتشار اللهب.

References

[1]Barnard J.A. & Bradley J.N. (1985), Flame and Combustion, Chapman and Hall, London.

[2]Andrews .G.E. & Bradley, D 1973, Combustion and Flame, 20-77 (1973).

[3]Al-Khishali, K. J. (1984), "Turbulent Flame Propagation and Quenching", Ph.D. Thesis Dept of Mechanical Engineering, University of Leeds.

[4]Al-Ani, K.F (1994), "Flame Temperature Estimation Of Conventional Internal Combustion Engines Fuels" MSc. Thesis, Department of Mechanical Engineering, University of Technology

[5]Hamid M.N. (1986) "Fundamentals of Turbulent Burning Related to Gasoline Engines", Ph.D. Thesis, Department of Mechanical Engineering, University of Leeds.

[6]Kwon, S., Tseng, K and Faeth G. M. (1992), Combustion and Flame, 90-230 (1992).

[7]Bradley, D, Hicks, R. A., (1998), Combustion and Flame115 P. 126-144, (1998).

[8]Al-Shahrany & Bradley (2005), Proceedings of the Combustion Institute 30, 225-232, (2005).

[9]Saeed K. & Stone C. R. (2004), Combustion and Flame, 152-166, (2004).

[10]Andrews .G.E. & Bradley, D 1972, Combustion and Flame, 19-275 (1972).

[11]Kuo,K.K. (1986), "Principle of Combustion", New York, John Wiley And Sons (1986)

[12]Hani, M. A. (1998), "A Study on Laminar Flame Propagation of (Propane, Iraqi LPG, Butane & Hydrogen)-Air Mixture through Tube", MSc. Thesis, Department Of Mechanical Engineering, University Of Technology.

[13]Esam, M. M. Al-Salman (2002), "The Effect of Tube Diameter on the Laminar Flame Propagation of the Gaseous Hydrocarbons-Air Mixtures", Ph.D. Thesis Department Of Mechanical Engineering, University Of Technology

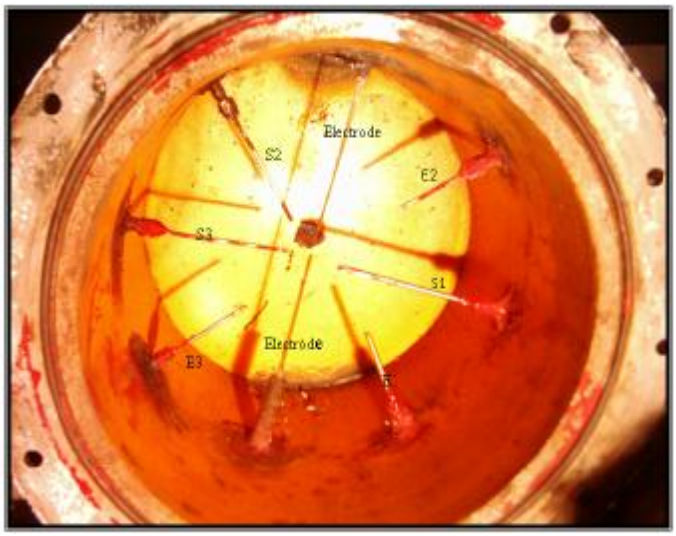
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

[14]Yu, G., LAW, C.K. And Wu C.K. (1986), Combustion and Flame, 63-339 (1986).
[15]Arkan, F.S. (2000), "Effect of Initial Temperature on Flame Propagation Through Tube For (Methane, Propane, LPG and Butane)-Air Mixtures",MSc. Thesis Department Of Mechanical Engineering, University Of Technology
[16]Zhou, M. and Carner, C.P. (1996), Combustion and Flame, 106-363 (1996).

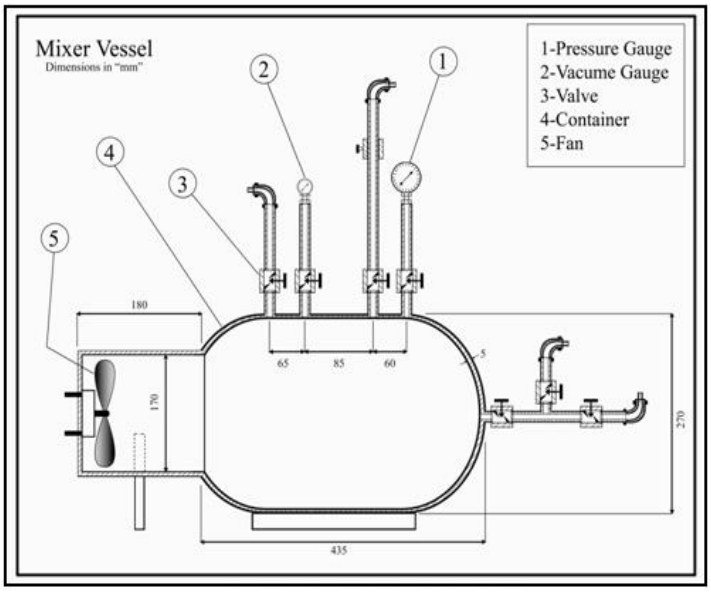
المصطلحات والرموز

الرمز	المعنى	الوحدات
S_u	سرعة انتشار اللهب الطباقية (laminar burning velocity)	cm/s
S_f	سرعة جبهة اللهب الطباقية (laminar flame velocity)	cm/s
I	معامل سمك جبهة اللهب (flame thickness factor)	
N	النسبة المولية (mole ratio)	
n	عدد المولات (number of moles)	mol
n_c	عدد ذرات الكاربون (number of carbon atoms)	
P	الضغط (pressure)	bar
P_{atm}	الضغط الجوي (Atmospheric pressure)	atm
P_u	الضغط الأبتدائي (initial pressure)	bar
r_b	نصف قطر جبهة اللهب (flame radius)	mm
T	درجة الحرارة المطلقة (absolute temperature)	K
T_{ad}	درجة حرارة اللهب الاديباتية (adiabatic flame temperature)	K
T_{atm}	درجة حرارة الجو المحيط (ambient temperature)	K
T_b	درجة الحرارة اللهب (flame temperature)	K
T_u	درجة الحرارة الابتدائية (درجة حرارة الغاز غير المحترق) (unburned gas temperature)	K
r	الكثافة (density)	kg/m^3
$\overline{r}_b$	كثافة الغازات المحترقة (burned gases density)	kg/m^3
$\overline{r}_f$	متوسط كثافة الغازات المحترقة عند نصف قطر r_f (avarage unburnt gases density at raduis r_f)	kg/m^3
r_u	كثافة الغازات غير المحترقة (unburnt gases density)	kg/m^3
f	النسبة المكافئة (equivalence ratio)	
δ	سمك جبهة اللهب (flame thickness)	mm

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

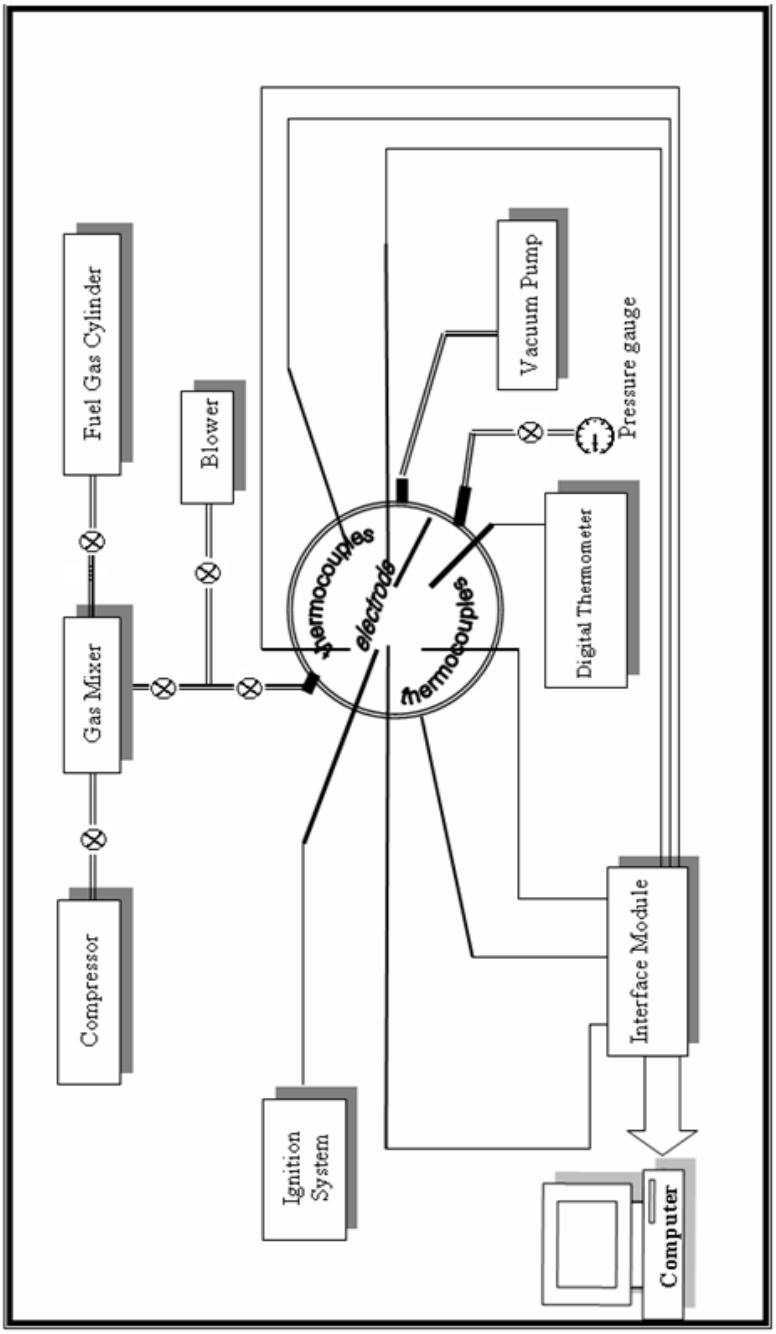


شكل (1) صورة حقيقية لأسطوانة الوقود الغازي



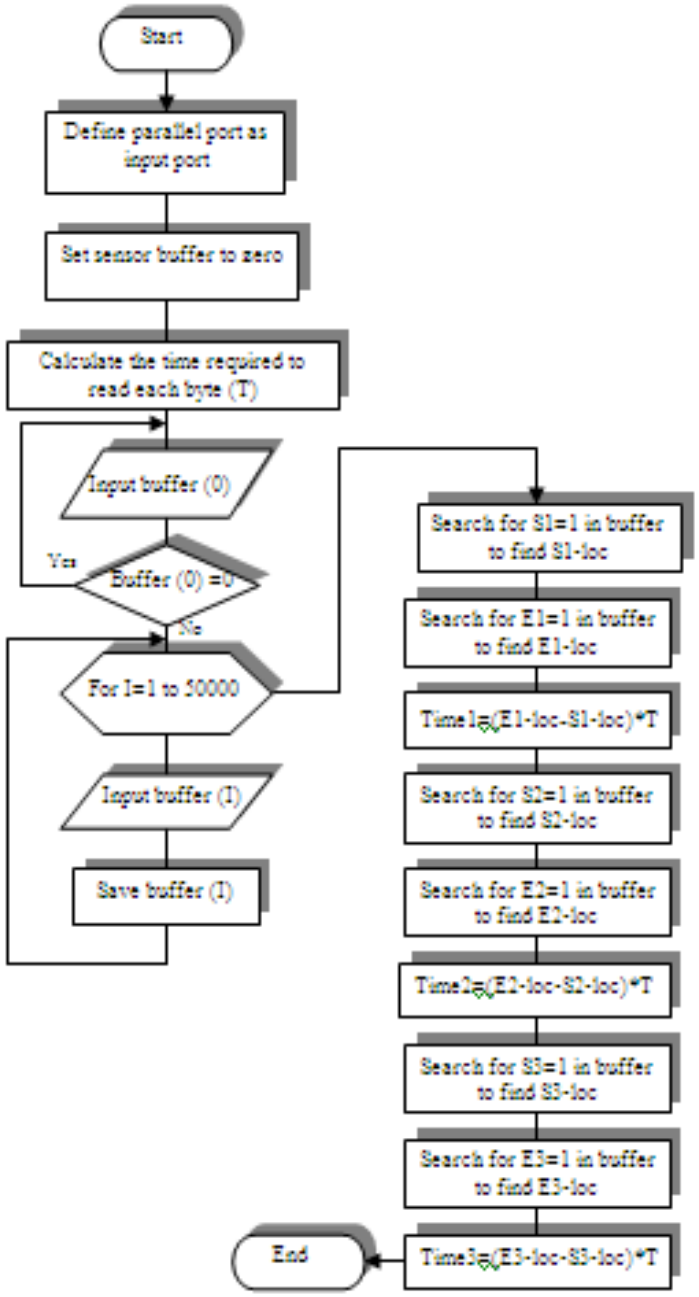
شكل (2) جهاز تحضير الخليط

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



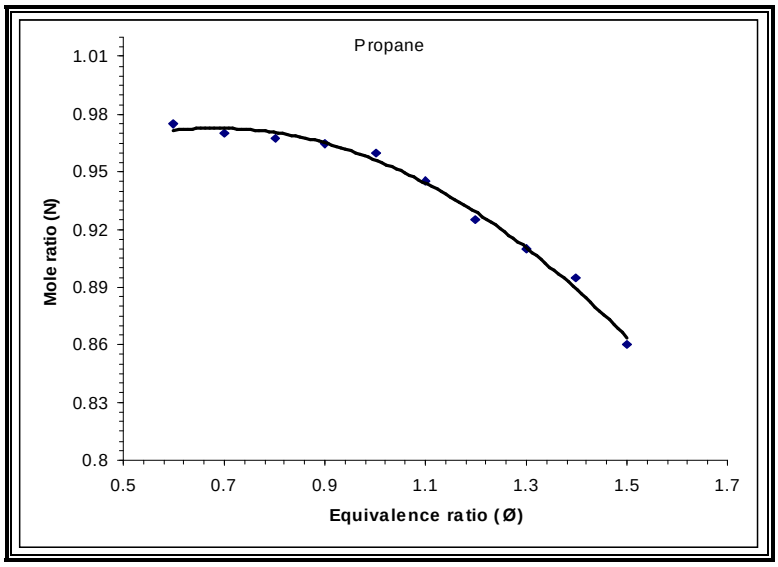
الشكل (3) المخطط العام لمكونات الجهاز وملحقاته

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

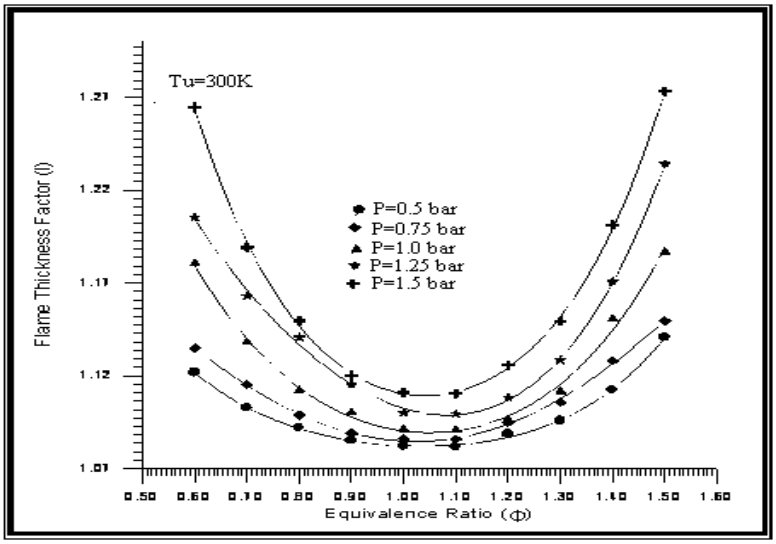


شكل (4) المخطط الأنسيابي لقياس سرعة اللهب

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

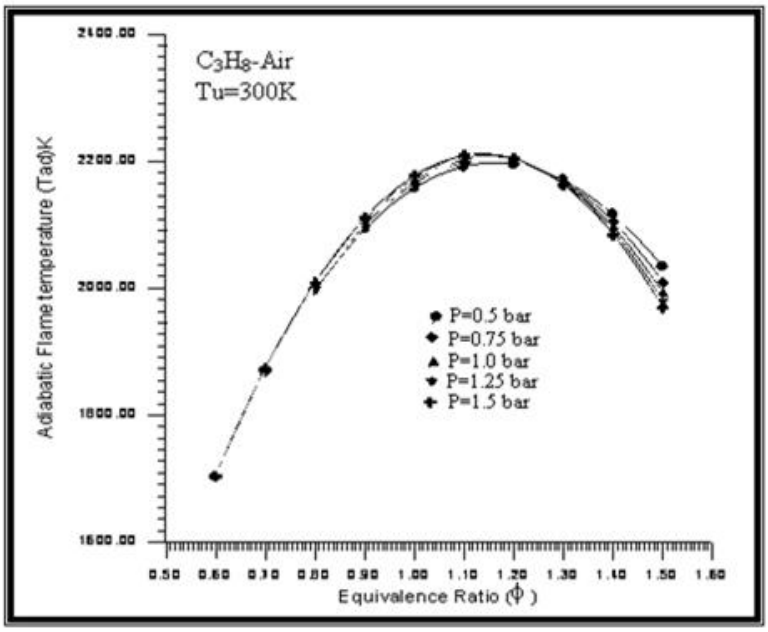


الشكل (5) تغيرالنسبة المولية(N) مع النسبة المكافئة (Φ) لخليط البروبان مع الهواء

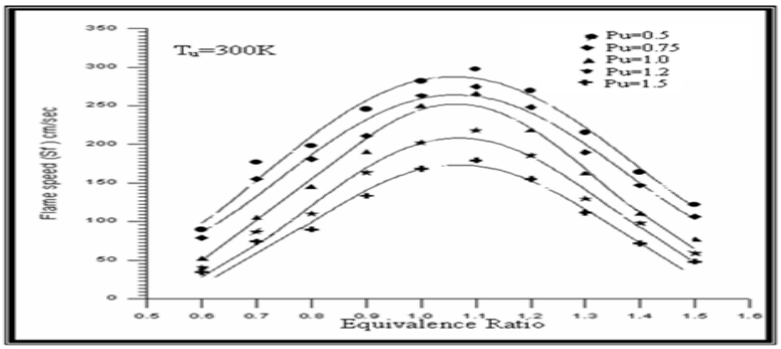


الشكل (6) معامل سمك جبهة اللهب مع النسبة المكافئة (Φ) لخليط البروبان مع الهواء عند ضغوط ابتدائية مختلفة

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



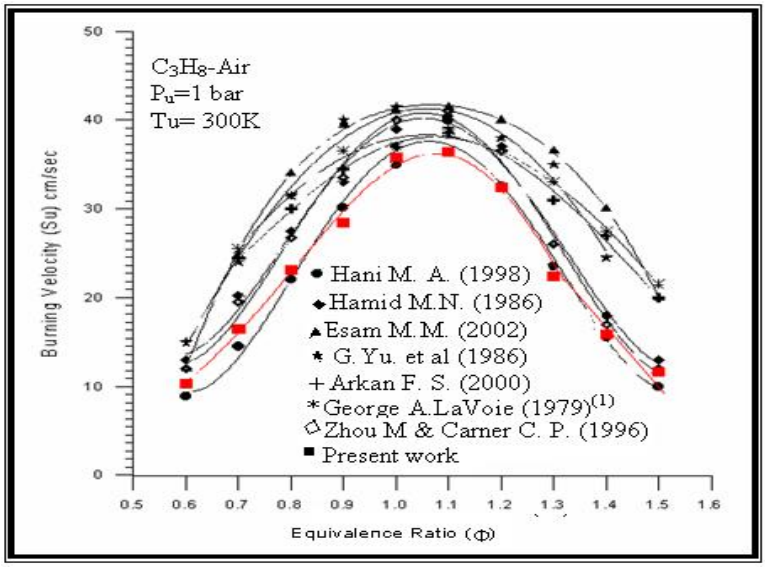
الشكل (7) درجة الحرارة الأديباتية مع النسبة المكافئة (Φ) لخليط البروبان مع الهواء عند ضغوط ابتدائية مختلفة



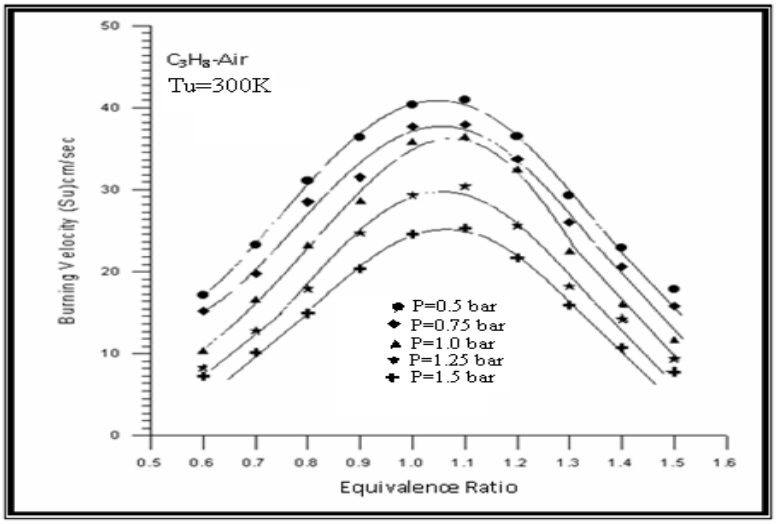
الشكل (7) سرعة جبهة اللهب مع النسبة المكافئة (Φ) لخليط البروبان مع الهواء عند ضغوط ابتدائية مختلفة

الشكل (8) سرعة جبهة اللهب مع النسبة المكافئة (Φ) لخليط البروبان مع الهواء عند ضغوط ابتدائية مختلفة

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



الشكل (9) مقارنة النتائج العملية لسرعة انتشار اللهب مع النتائج العملية المنشورة



الشكل (10) سرعة انتشار اللهب مع النسبة المكافئة (Φ) لخليط البروبان مع الهواء عند ضغوط ابتدائية مختلفة

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com