مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية – سلسلة العلوم الهندسية المجلد (18) العدد (4) 1996
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research –Engineering Science Series Vol. (18) No (4) 1996

الدراسة النظرية لتشكيل الخليط في محركات البنزين

الدكتور عدنان معروف*

(قبل للنشر في 1996/11/9)

□ الملخّص □

إن الهدف من هذه الدراسة النظرية، هو التوصل إلى اختيار الأبعاد لغرفة المزج مع الخانقة في مفحم البنزين، بالإضافة إلى تحديد قيمة انخفاض درجة حرارة الخليط ΔT عند تبخر الوقود بشكل كامل، وإيجاد العلاقة التي تربط بين ضغط أبخرة الوقود P_f وضغط الخليط على سطح السائل P_{cm} والوزن الجزيئي للوقود μ_f والهواء μ_a.

كما أن هذه الدراسة تعطينا طريقة حساب مميزات التيار الهوائي في بعض المقاطع العرضية لقنوات الامتصاص وذلك باستخدام معادلة Bernoulli ومعادلة الاستمرار مع الأخذ بعين الاعتبار ضياع القدرة على هذه الأجزاء.

* أستاذ مساعد في قسم هندسة القوى الميكانيكية – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.

مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية - سلسلة العلوم الهندسية المجلد (18) العدد (4) 1996
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research –Engineering Science Series Vol. (18) No (4) 1996

THE ORITICAL STUDY FOR FORMATION OF THE MIXTURE IN GASOLINE ENGINES

Dr. Adnan MAAROUF*

(Accepted 9/11/1996)

❐ ABSTRACT ❐

This theoretical study aims to select the opti dimension of the mixture chambre with the choker in the gasoline carburetor, besides determining the amount of temperature decrease of the mixture when the fuel is fully evaporated, and finding out the relation between the pressure of fuel vapors (P_f) and the pressure of the mixture on the surface of the liquid (P_{cm}) and the molecular weight of the fuel (μ_f) and the air (μ_a).

This study also shows how to find out the characteristics of the air current at some of the cross sections of absorption channels by using Bernoulli equation and continuation equation taking into consideration the loss of energy in these parts.

* Associate Professor at Mechanical Engineering Power Department, Faculty of Mechanical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

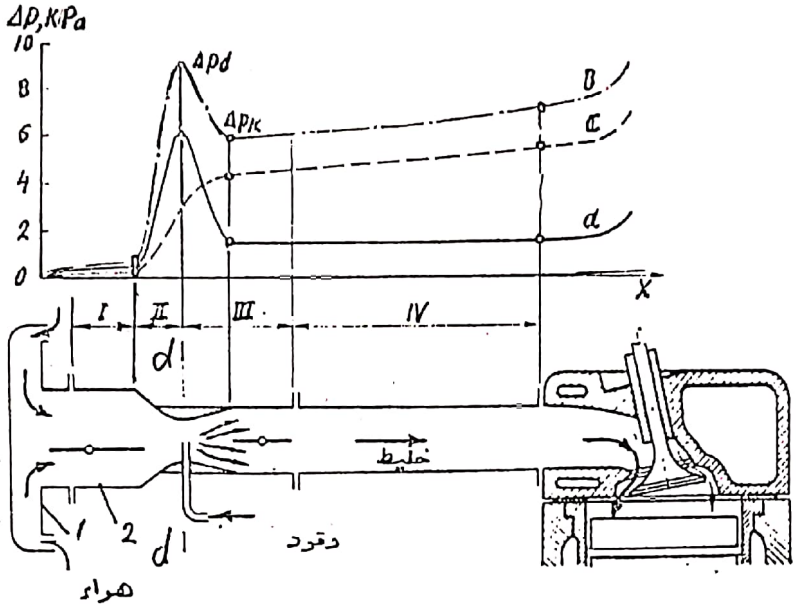
مقدمة:

تتضمن عمليات تشكيل الخليط بشكل أساسي تفتيت الوقود السائل إلى قطرات دقيقة ثم خلط هذه الذرات الناعمة من الوقود مع الهواء وبنسب معينة ودقيقة، وتهيئة المزيج المتجانس للاحتراق، حيث يتم تشكيل الخيط في المحركات البنزينية غالباً خارج الأسطوانة.

وتبدأ عمليات تشكيل الخليط في المغذي، حيث يتم تذرير الوقود السائل وتكوين النسبة الضرورية بين الوقود والهواء. وتستمر عملية تشكيل الخليط في فترة حركته خلال شوط الامتصاص وتنتهي داخل الاسطوانات مع إتمام شوط الانضغاط. ومن أكثر العمليات طولاً واستمراراً أثناء تشكيل الخليط هي عملية تبخر الوقود، أما العمليات الأخرى، التذرير والتسخين والمزج فانها تساعد على إسراع التبخر وإتمامه. وتستغرق عملية تحضير مزيج الوقود القابل للاشتعال في محركات البنزين الحديثة أجزاء في المئة من الثانية، ويقصر الوقت المستغرق لذلك كلما زادت سرعة دوران المحرك.

طريقة البحث:

لدراسة تشكيل الخليط في محركات البنزين سنختار الشكل رقم (1) والذي يمثل مخطط قنوات الامتصاص، ونقوم بدراسة تشكل هذا الخيط بدءً من حركة الهواء في مصفاة الهواء وانتهاءً في اسطوانة المحرك، حيث يحدث تذرير الوقود في محركات البنزين بشكل أساسي نتيجة لفارق سرعتي حركة الوقود والهواء، وطبقاً للنتائج التجريبية فإن تحطم ذرات الوقود يبدأ عندما يكون فارق السرعتين في حدود 4-6 m/sec، وأما عندما يبلغ الفارق 30 m/sec فإنه يحدث تبخر كامل للوقود. أضف إلى ذلك فإن حركة الهواء في مصفاة الهواء وقنوات الامتصاص والجزء I من المغذي والخانقة II وغرفة الخلط (المزج) III كل ذلك يحدث حركة اضطرابية أساسية، وتبلغ سرعة الهواء في قسم الخانقة الضيق أي في المقطع (d-d) بعد مخرج ثقب التذرير للمحركات الحديثة حوالي 85 m/sec وأما في المحركات ذات عدد الدورات العالية فتصل السرعة هذه إلى 125-150 m/sec.



الشكل (1) مخطط قنوات الامتصاص وتغيير الضغط على امتداد هذه القنوات

وتعتبر دقة وصغر ونعومة التذرير من المميزات الرئيسية لنوعية عملية التذرير وتقدر بالقطر الوسطي لقطرة الوقود وتتحسن نوعية التذرير بزيادة سرعة الهواء في الخانقة حيث يزيد هذا التحسن من سرعة تبخر الوقود بسبب زيادة سطحه، وأما قطرات الوقود التي لم يتبخر بعضها يشكل طبقة رقيقة من الوقود على جدران قنوات الامتصاص وبعضها الآخر يكون عالقاً مع الهواء وبخار الوقود ويتحرك المزيج على طول قناة الامتصاص IV وفي هذه المرحلة تتبخر القطرات الناعمة وتتساقط الأخرى مشكلة طبقة رقيقة من غرفة المزج III وبداية قنوات الامتصاص IV غير أن هذه الطبقة وبتأثير تيار الخليط تمتزج في قناة الامتصاص وتتبخر بالتدريج، ويحدث تبخرها بشكل بطيء بسبب صغر سطحها[1]. ويشكل الوقود المتبخر عند الدخول إلى الأسطوانة حوالي 60-80%، أما الجزء المتبقي من الوقود الذي يشكل طبقة رقيقة أو قطرات عالقة فإنه يتعرض إلى تذرير ثانٍ عند دخوله من صمام الامتصاص إلى الأسطوانة حيث تزداد سرعة الخليط بشكل كبير. ويعتبر تشكل الطبقة الرقيقة من الوقود السائل أمراً ضاراً في المحركات البنزينية، إذ أنه يؤدي إلى عدم انتظام توزع الوقود في الأسطوانات، مما يؤدي إلى تدني استطاعة واقتصادية المحرك، كما أن دخول طبقة الوقود السائل والقطرات غير المتبخرة إلى الاسطوانة يؤدي إلى غسل طبقة الزيت على جدران الاسطوانة الداخلية مما يسيء إلى ظروف التزييت، فيزداد تآكل أجزاء

المحرك. لذلك ومن أجل تخفيف تشكل طبقة الوقود يتم تسخين أقنية الامتصاص بوساطة غازات العادم أو سائل التبريد، مما يساعد في تبخر قطرات الوقود قبل وصولها إلى الاسطوانة فيخف إلى حد كبير تآكل عناصر المحرك[2].

بالإضافة إلى ذلك تهدف هذه الدراسة النظرية إلى مقارنة ذلك مع النتائج التجريبية، حيث لوحظ من خلال التجارب التي أجريت على محركات البنزين أنه عند عمل المحركات بشكل مستقر فإن تركيب الخليط (نسبة الوقود إلى الهواء) الداخل إلى الاسطوانة، وبغض النظر عن تشكل الطبقة الرقيقة من الوقود يكون مشابهاً لما جرى تحديده من المغذي. ويلاحظ أنه تتعادل كمية الوقود المتوضعة على الجدران والكمية المتبخرة. ولكن عند عمل المحرك بشكل غير مستقر (تحت حمولات جزئية) وبسبب انخفاض درجة حرارة قنوات الامتصاص فإن ظروف التبخر تسوء ويزداد تأثير طبقة الوقود المتوضعة على الجدران حيث تفوق كميتها الكمية المتبخرة من الوقود، مما يؤدي لتشكيل خليط فقير بالوقود، فيسوء توزع الوقود في الاسطوانات، وبالنتيجة يحصل انخفاض في استطاعة المحرك واقتصاديته، كما تتأثر ديناميكيته أيضاً.

وعند الإغلاق الفجائي للخانقة يختلُّ التوازن في تشكل الخليط، فبسبب استمرار تبخر طبقة الوقود وانخفاض كمية الهواء الداخل يظهر وبشكل مؤقت إغناء الخليط الداخل إلى الاسطوانات وتنخفض اقتصادية المحرك بسبب الاحتراق غير التام ويزداد تلوث الوسط الخارجي بغازات العادم.

كما أن زيادة دقة ونعومة التذرير تساعد على تبخر الوقود والتقليل من تشكل الطبقة الرقيقة على الجدران، وتعتمد نعومة التذرير على سرعة التيار الهوائي وتصميم وأبعاد المذرر وكذلك صفات الوقود وخصائصه.

كما أن قيمة التوتر السطحي للوقود المستخدم في المحركات ذات التشكيل الخارجي للخليط غير كبيرة نسبياً ويساعد هذا على التذرير الجيد في المغذي ومع ارتفاع درجة الحرارة تنخفض قيمة التوتر السطحي فيصبح تذرير الوقود أكثر نعومة وتشكل الحبيبات الناتجة من الوقود خيوطاً تتوزع في حجم تيار الهواء على شكل مخروط رأسه عند ثقب المذرر، غير أن امتداد هذه الخيوط يتأثر في منطقة التضيق بالحركة المضطربة لتيارات الهواء العرضية. ومن أجل زيادة دقة ونعومة التذرير، فإن تحطيم ذرات الوقود يبدأ قبل لحظة تدفقه وذلك عن طريق إدخال الهواء لأقنية المفحم للحصول على مزيج لخيط الهواء والوقود، أما تبخر الوقود فإنه يبدأ منذ خروجه من المذرر ويستمر في قناة الامتصاص واسطوانات المحرك ولا تنتهي عملية التبخر بشكل تام حتى بداية

الاشتعال، يؤدي هذا التأخير إلى سوء تركيب الخليط الفعلي فتقل فعالية الاحتراق وتخفض استطاعة المحرك واقتصاديته.

ويمكن حساب سرعة التبخر بالعلاقة التالية:

$$\frac{dG}{dt} = K\frac{P_H - P_f}{P_{cm}}.S$$

حيث P_H: ضغط البخار المشبع للسائل (الوقود) عند درجة الحرارة المعطاة.

P_f: ضغط البخار على سطح السائل.

P_{cm}: ضغط الخليط المطلق على سطح السائل.

S: مساحة سطح السائل الحر.

K: عامل التناسب.

وفقاً لهذه العلاقة، فإن شدة التبخر تعتمد على الظروف السائدة في قناة الامتصاص وصفات الوقود، حيث تزداد سرعة التبخر مع انخفاض الضغط المطلق على سطح الوقود P_{cm}، وهذا يعتمد على نظام عمل المحرك، فعندما تفتح الخانقة قليلاً يحدث تخلخل كبير في قنوات الامتصاص وتزداد سرعة التبخر. وفي بداية التبخر يكون ضغط الأبخرة P_f على سطح الوقود مساوياً للصفر ($P_f = 0$) وتكون سرعة التبخر أعظمية، ومع ازدياد P_f تتناقص سرعة التبخر، وعندما يتساوى ضغط أبخرة الوقود P_f مع ضغط البخار المشبع P_H فإن عملية التبخر تتوقف[4].

غير أن زيادة سرعة حركة الهواء تساهم في حمل الأبخرة من سطح الوقود السائل فتزداد سرعة التبخر، ومع زيادة درجة الحرارة فإن شدة التبادل الحراري بين الهواء والوقود السائل تزداد وترتفع درجة حرارة سطح الوقود وضغط البخار المشبع. وكلما كان ضغط بخار الإشباع أعلى والتوتر السطحي أخفض وكمية حرارة تشكل البخار التي تتعلق بتركيب الوقود أقل، كلما كان تبخره أفضل.

وإذا اعتبرنا درجتي حرارة الوقود والهواء الأوليتين متساويتين، عندئذٍ وعلى أساس معادلة التوازن الحراري يمكن تحديد قيمة انخفاض درجة حرارة الخليط ΔT عند تبخر الوقود بشكل كامل.

$$\Delta T = \frac{r_f}{\alpha l_0 C_a + C_f}$$

حيث:

r_f: حرارة تشكل بخار الوقود.

C_a, C_f: الحرارة النوعية لبخار الوقود والهواء.

ولقد أثبت حسابياً أن انخفاض درجة حرارة الخليط نتيجة لتبخر البنزين عندما $\alpha = 1$ يبلغ $182^{\circ}C$ وللكيروسين $18.7^{\circ}C$ وللكحول الايتيلي $806^{\circ}C$.

ويمكن تعيين ضغط الوقود P_f في المزيج (وقود+هواء) وفقاً لقانون دالتون:

$$P_f = P_a - P_{cm}$$

حيث:

P_a: الضغط الجزئي في الخليط مع أبخرة الوقود.

$$P_f = \frac{P_{cm}}{1+\frac{P_a}{P_f}}$$

وعلى أساس المعادلة المميزة للهواء الموجود في الخليط

$$P_a.V = G_a R_a T_0$$

أما المعادلة المميزة لأبخرة الوقود في الخليط

$$P_f.V = G_f R_f T_0$$

$$\frac{P_a}{P_f} = \frac{G_a}{G_f}.\frac{R_a}{R_f}$$

وعلى اعتبار أن

$$\frac{G_a}{G_f} = \alpha l_0 ...,... \frac{R_a}{R_f}.\frac{\mu_a}{\mu_f}$$

حيث μ_0 ,μ_f: الوزن الجزيئي للهواء والوقود.

وبعد التبخر الكامل للوقود فإن ضغط أبخرته

$$P_f = \frac{P_{cm}}{1+\alpha l_0 \frac{\mu_f}{\mu_a}}$$

ومن العلاقة يبدو أن الضغط P_f أقل من ضغط أبخرة الإشباع الموافقة لدرجة حرارة الخليط. وإذا اعتبرنا انخفاض درجة الحرارة لهذه اللحظة عندئذٍ يمكن أن يتبخر الوقود بشكل كامل، ونتيجة لهذه الحالة يمكن تحديد درجة حرارة الهواء الدنيا حتى لحظة التبخر واللازمة لتبخر الوقود كاملاً عند انعدام التسخين الإضافي للخليط[1].

ومن أجل حساب مميزات التيار الهوائي في بعض المقاطع العرضية لقنوات الامتصاص يمكن استخدام معادلة بيرنولي ومعادلة الاستمرار مع الأخذ بعين الاعتبار ضياع القدرة على هذه الأجزاء، فمن أجل مقطعين مدروسين 1و2 نكتب معادلة بيرنولي على النحور التالي:

$$\frac{P_1}{\gamma}+\frac{W_1^2}{2g}=\frac{P_2}{\gamma}+\frac{W_2^2}{2g}+\xi_{1-2}\frac{W_2^2}{2g}$$

حيث:

ξ_{1-2}: عامل الضياعات بين المقطعين المدروسين.

وتعتمد كمية بخار الوقود في التيار وعلى الأجزاء النهائية لقنوات الامتصاص على قيمة α ونسبة الوقود المتبخرة وكذلك القيمة l_0.

وباستخدام معادلة الاستمرار

$$\frac{W_{a1}}{W_2}=\frac{f_1}{f_2}.\frac{d_2^2}{d_1^2}$$

وهذا يعني أن سرعة تيار المزيج تتناسب عكساً مع مربع قطر مقطع أنابيب الامتصاص، أما فرق الضغط بين مقطع الدخول وأي مقطع آخر من أنابيب الامتصاص على المحور x يمكن تحديده بالعلاقة:

$$P_1-P_x=\gamma_0\left(\frac{W_x^2}{2g}+\xi_{1-x}\frac{W_x^2}{2g}-\frac{W_1^2}{2g}\right)$$

وباستخدام معادلة الاستمرار نجد أن

$$P_1-P_x=\gamma_0\frac{W_1^2}{2g}\left[\frac{W_1^2}{d_x^4}+\xi_{1-x}\left(\frac{d_1^4}{d_x^4}\right)-1\right]$$

ومن خلال هذه الدراسة نرى أن الاختناق في حجرة المزج مع الخانقة هي العناصر الرئيسية للمفحم، ويتم اختيار

الأبعاد المثالية لهذه العناصر حسب نوع وأبعاد المحرك.

ويحسب حجم الهواء الداخل إلى اسطوانة المحرك رباعي الشوط خلال واحدة الزمن في شوط الامتصاص بالعلاقة التالية:

$$V_a = F_p C_m \eta_v$$

F_p, C_m: مساحة المكبس وسرعته الوسطية عند الدورات الأعظمية.

η_v: عامل استيعاب المحرك (المردود الحجمي للمحرك).

وطبقاً لمعادلة الاستمرار:

$$F_p C_m \eta_v = F_d W_d$$

حيث F_d: مساحة مقطع الاختناق.

W_d: السرعة الوسطية للهواء في الاختناق عند عدد الدورات الأعظمية.

وبالتعبير عن مساحة المكبس بدلالة قطر الاسطوانة D، فإن مساحة مقطع الاختناق بدلالة قطر المقطع الأصغري للاختناق:

$$d_d = D\sqrt{\frac{C_m \eta_v}{W_d}}$$

لكن: $C_m = \frac{S.n}{30}$ و $V_s = \frac{\pi D^2 . S}{4}$

حيث:

n: عدد الدورات الأعظمية للمحرك، ومنه

$$d_d = K\sqrt{\frac{V_s n}{W_d}}$$

حيث K: ثابت $K = \sqrt{\frac{4.\eta_v}{\pi.30}}$

يمكن استخدام هذه العلاقة لتحديد d_d للمحركات رباعية وثنائية الأشواط على السواء. وللمحركات ذات عدد الاسطوانات الكبير يجب إدخال عامل تصحيح K_1.

وعند استخدام المفحمات ذات غرف المزج المتعددة فإن كل غرفة من غرف المفحم تخدم قسماً فقط من اسطوانات المحرك، وتجب الإشارة إلى أنه في مفحمات المحركات الحديثة تبلغ سرعة الهواء في الاختناق 85 m/sec، لذلك فإن علاقة تحديد قطر الاختناق تأخذ الشكل التالي:

$$d_d = K 0.0187 \sqrt{\frac{iV_s n}{i_k a}}$$

حيث i: عدد أسطوانات المحرك.

i_k: عدد الاسطوانات التي يغذيها الاختناق[3].

النتائج:

نستنتج من خلال الدراسة النظرية السابقة النتائج التالية:

[1]- إن التخلخل في المجرى الذي يسلحه التيار يعتمد على طاقته الكيميائية وتغير القطر في الأس 4، وعلى الضياعات الهيدروليكية في القنوات.

[2]- نلاحظ على المنحني (a) الشكل رقم (1) أنه يبين تغير التخلخل مع سرعة الهواء، ويبدو أن التخلخل الأعظمي يحدث في أصغر مقطع من الاختناق.

[3]- المنحني (C) الشكل رقم (1) يمثل تغير التخلخل الناتج عن المقاومات

الهيدروليكية في طريق التيار عند حركته في القنوات، وتزداد قيمة التخلخل هذا باستمرار على طول طريق حركة الهواء.

[4]- المنحني (B) الشكل رقم (1) يمثل مجموع مركبتي التخلخل المذكورين ويحدد التخلخل الإجمالي على طول مسار الامتصاص.

[5]- يتم اختيار المقطع الأصغري في اختناق المفحم بحيث نحصل على سرعة عالية تحقق تذرير شديد للوقود.

[6]- عند هذه الحالة من الضروري خفض المقاومات الهيدروليكية حتى يصبح التخلخل في حجرة المزج أقل ما يمكن عند الخانقة بحيث لا يؤدي ذلك إلى انخفاض المردود الحجمي ومن أجل تحقيق هذه الحالة يجب الحصول على قيمة أكبر للنسبة $\Delta P_d/\Delta P_k$ والتي تتراوح عادةً في المجال $\Delta P_d/\Delta P_k = 2 \div 22$.

[7]- من خلال هذه الدراسة نرى أن الاختناق وحجرة المزج مع الخانقة تشكل العناصر الرئيسية للمفحم.

[8]- يلاحظ أن التسخين الزائد لقنوات الامتصاص يقلل من استيعاب الاسطوانات ويزيد من نزعة الخليط إلى ظاهر الطرق عند الاحتراق، ويمكن أن يحصل انخفاض في الاستيعاب أيضاً عند زيادة سرعة حركة المزيج في قنوات الامتصاص.

[9]- يلاحظ أن حركة الهواء لها دائماً صفة مضطربة لأن السرعة في الاختناق تبلغ قيماً عالية جداً.

REFERENCES المراجع

[1]- M.D. ARTAMONOV, V.A. Elaruonov, M.M. Myren "Theory of Vehicle and Vehicle Engines" Moscow, 1968.

[2]- N.Kh. Deachenky "Theory of internal COMBUSTION Engine" Linigrad, 1974.

[3]- M.D. ARTAMONOV, M.M. Myren "Theory and Design of Automotive Engines" Moscow, 1973.

[4]- M.S. Khovakh (ed.) "Motor Vehicle Engines", Moscow, 1977.