

العنفات الهوائية ذات المضاجع الهوائية
الطريقة العملية لحساب المضاجع المغذاة بالهواء المضغوط

د. جوني تقولا

أستاذ مساعد في كلية الهندسة
الميكانيكية والكهربائية

نقدم هنا في هذا البحث طريقة حساب المضاجع الدائرية الهوائية المبنية على مميزات لابعدية بحيث يمكن تطبيقها على المضاجع ذات طبقة الهواء الرقيقة (فيلم الهواء) حيث إن فيلم الهواء مغذى عبر ثقوب بشكل مباشر أو بواسطة ثقوب ذات تجاويف أسطوانية .
إن الطريقة (المبنية) لاحقاً تسمح بحساب قوة الحمل العظمى للمضجع بطريقة سهلة وكذلك حساب تدفق الهواء ، وذلك باعتماد مخططات خاصة ، كما سنقدم نموذجاً لحساب مضجع ، تصميماً لعنفه هوائية ذات مضجع هوائي .

١- مقدمة :

إن المضاجع الغازية ليست معروفة جيداً . وكثير من الأشخاص لا يعتقدون أنه بالإمكان استعمال الغاز كمادة (تزييت) بدلاً من السوائل وبخاصة عندما تكون القوى المؤثرة على المحور الدوار عالية ، وقد أدت الدراسات والتجارب المخبرية إلى الوصول إلى نتائج باهرة حيث أصبح بالإمكان استخدام الغاز وبشكل خاص الهواء كمادة للتزييت . وبهذا انخفضت قوة الاحتكاك في المضجع وأمكن الحصول على سرعات دوران للمحور عالية جداً كما في آلات طب الأسنان (٥٠٠٠٠٠ دورة : /دقيقة) كما يمكن تأمين دوران المحور ذي المضجع الهوائي باستقرار وعدم اهتزاز إلى درجة عالية جداً بسبب رقة الفيلم الهوائي .

سنقدم هنا طريقة سهلة لحساب المضاجع الهوائية مبنية على مميزات الابعدية ، وتسمح هذه الطريقة بحساب

المضاجع وتصميمها بطريقة سهلة .

٢- تحليل تأثير العوامل الهندسية لنظام التغذية على مميزات قوة الحمل للمضاجع (١) و(٥) :

من المعلوم أن حساب المضجع يتم بناء على القوة المؤثرة على المحور أثناء دورانه ، وعلى هذا يجب تطبيق فيلم من الهواء المضغوط بين المضجع والمحور للتغلب على القوة المؤثرة ، ولتأمين خلوص متساوٍ حول المحور بضغط كاف بحيث يمنع أي تماس مباشر بين المحور والمضجع .

للحصول على مقاومة للمضجع وكذلك للاكتفاء بتدفق صغير يجب اعتماد سماكات صغيرة جداً للخلوص الاسمي C .

وكما تؤكد التجارب ، فإن الخلوص C لا يتغير بصورة ملحوظة في المضاجع عندما يتغير القطر . فمن أجل مضاجع

نموذجية فإن الخلوص C يتغير من 0,01 - 0,025 mm من أجل أقطار

المحور D التي تتراوح بين 10 - 150 mm

لثلاثة مضاجع هوائية ساكنة ذات أقطار

$$D = 12; 36; 108 \text{ mm}$$

والقطر الثابت للشقوب $d_o = 0,4 \text{ mm}$

إن نتائج هذه الحسابات مبينة بالشكل

(2)، وذلك من أجل لامركزية نسبية

$$\lambda = 0,5 \text{ ع ، وعامل المضجع } \lambda = 0$$

ونسبة طول المضجع الى القطر $\frac{L}{D} = 1,25$

وعدد الشقوب $Z = 6-9$ وعدد صفوف

الشقوب $K = 2$.

بمقارنة المنحنيات من أجل نفوس

القيمة لـ Z ولقيم مختلفة لـ $\frac{d_o}{D}$

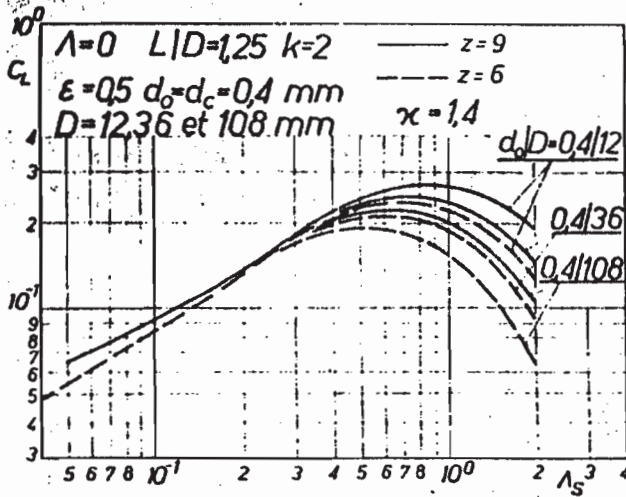
يمكن الملاحظة بأن الفروقات هي كبيرة

وذلك من أجل قيم عظمى لـ C_L تصل إلى

27%. ان هذا يعني أنه لا يمكن إعطاء

مميزات قياسية من أجل جميع أقطار

المضاجع الممكن تنفيذها عملياً.



الشكل / ٢ /

٣- مبدأ الطريقة العملية لحساب قوة الحمل (١)

إن الطريقة العملية لحساب المضاجع

مبنية على المميزات اللابعدية المحددة وذلك

من أجل أقطار $D = 12; 36; 108 \text{ mm}$

إن القطر 12 mm يوافق المضاجع

ذات سرعة الدوران العالية جداً

(5000 - 1000 Hz) ولقوة الحمل صغيرة.

من أجل المعطيات P_o, μ, K, Z, T

فإن العوامل الهندسية لنظام التغذية

للمضجع (شكل ١) (d_o, d_c) هي

مرتبطة بالخلوص C بواسطة عامل

التغذية λ_s المعطى بالعلاقة:

$$\lambda_s = \frac{6r_o^2 \mu K Z \sqrt{RT_o}}{C^3 P_o \sqrt{1 + \left(\frac{r_o}{2r_o C}\right)^2}}$$

حيث:

Z - عدد صفوف.

K - عدد صفوف الشقوب.

P_o - ضغط التغذية.

T_o - درجة الحرارة المطلقة للغاز.

وغالباً ما يأخذ العدد λ_s قيمته

الفضلى $(\lambda_s)_{opt}$ الموافقة لقوة الحمل

$(C_L)_{max}$ وكذلك من أجل مجال

تغيرات كبيرة لأقطار المضاجع فإن أبعاد

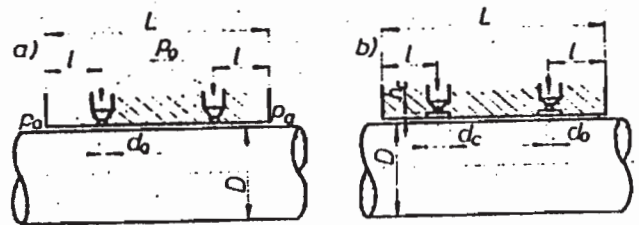
نظام التغذية لا يتغير بصورة كبيرة.

إن القطر d_o يتغير من $0,2-0,5 \text{ mm}$

والقطر d_c يتغير من $1,5 - 3 \text{ mm}$

ويمكن القول بالاعتماد على التحليل

المقدم أعلاه بأنه لا توجد عملياً إمكانية



شكل / ١ /

ملء كل شروط التشابه الهندسي للمضاجع؛

أي أن العوامل $\frac{C}{D}$ ، $\frac{d_o}{D}$ لا يمكن أن

تبقى ثابتة.

من أجل تحليل تأثير العامل $\frac{d_o}{D}$

على منحنى قوة الحمل ، تم حساب المميزات

0,5 - 0 فيمكننا حساب قوة الحمل بالتناسب الخطي :

٤- مميزات قوة الحمل :

تم تقديم أمثلة لحلول لابعدية من أجل $K = 2$ ، $\frac{L}{D} = 1,5$ وقد مثلت على الأشكال 3, 4, 5 . نلاحظ أن عامل الحمل C_L للمضجع مع تجويف هو أكبر من العامل C_L للمضجع بثقوب $d_o = d_c$. إن المنحنيات الممثلة على الأشكال 3, 4, 5 تسمح بحساب المضاجع من أجل شروط عمل مختلفة . من الناحية العملية تحسب المضاجع الغازية لقوة حمل أعظمية ولأجل هذا تم إنشاء مخططات عامل الحمل الأعظمي .

$$(C_L)_{\max} = \frac{F_{\max}}{LD (P_o - P_a)}$$

وللعامل :

$$(\lambda_s)_{\text{Opt}} = \frac{6KZ r_o^2 \mu \sqrt{RTO}}{C^3 P_o \sqrt{1 + (r_o^2 / C \cdot d_c)^2}}$$

وكتابع لعدد الثقوب Z ، فإن هذه المخططات ممثلة بالأشكال :

6 , 7 , 8 , 9 , 10

تم حساب هذه المميزات في حالة الهواء ($K = 1,4$) بحيث يمكن استخدامها من أجل نسب $\frac{P_o}{P_a} \gg 3$ لأنه حسب ماتوكذده التجارب فإن النسبة $\frac{P_o}{P_a} \gg 3$ يكون تأثيرها مهملاً على المنحنيات .

القطر 36 mm يوافق المضاجع ذات السرعة المتوسطة (100-200 Hz) . وأخيراً فإن القطر 108 mm تم اختياره لمضاجع ذات سرعات دوران صغيرة (10 - 100 Hz) وقوة حمل عالية . إن المميزات اللابعدية المقدمة تتعلق بنموذجين للتغذية للفيلم الغازي ، بواسطة الثقوب وحدها ذات القطر $d_o = 0,4$ mm (مضاجع ذات ثقوب) ، وبواسطة الثقوب ذات القطر $d_o = 0,4$ mm المتوافقة مع تجاويف أسطوانية ذات قطر $d_c = 3$ mm . إن القيمة المختارة لقطر الثقوب ($d_o = 0,4$ mm) تنتج عن الحاجة إلى مقاومة عالية للمضاجع وتدفق منخفض ، أكثر من ذلك يمكن تنفيذ ثقوب أخرى بسهولة .

تم الحساب لمميزات قوة الحمل حسب الشكل C من أجل عدد مختلف من الثقوب والذي يتعلق بالقطر D . فمن أجل $Z = 3 ; 4 ; 6$ فإن $D = 12$ mm ومن أجل $Z = 6 ; 9 ; 12$ فإن $D = 36$ mm ومن أجل $Z = 6 ; 9 ; 12 ; 18$ فإن $D = 108$ mm

ومن أجل كل حالة أخذنا بعين الاعتبار النسبة $\frac{L}{D}$ والعدد K كالتالي :

$$\frac{L}{D} = 1 \quad K = 1 \quad K = 2 -$$

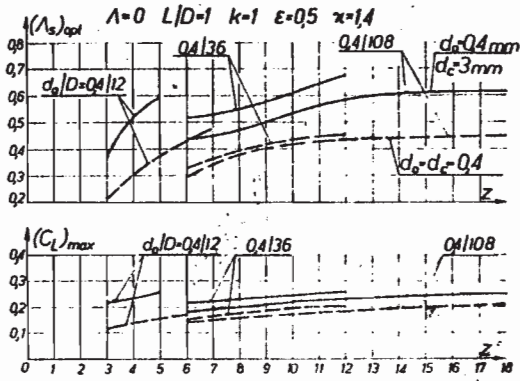
$$\frac{L}{D} = 1,25 \quad K = 1 \quad K = 2 -$$

$$\frac{L}{D} = 2 \quad - \quad K = 2 -$$

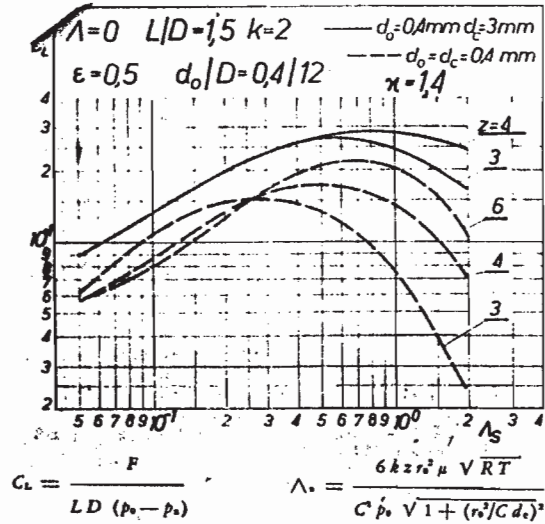
كل مجموعة من المميزات يمكن إعطاؤها من أجل قيمة ثابتة لعامل المضجع λ_s .

تم حساب المنحني من أجل $\lambda_s = 0$ ، $K = 1,4$ أي من أجل مضاجع ساكنة .

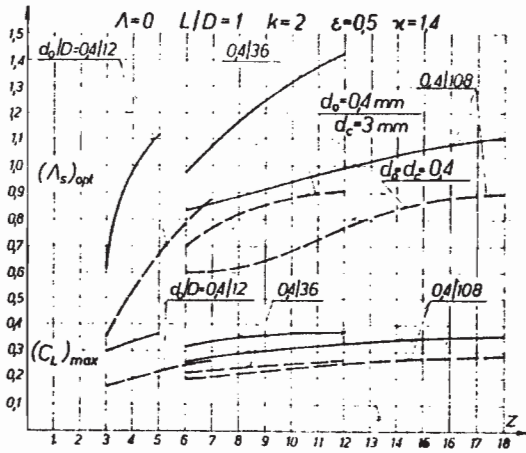
تم حساب جميع المميزات من أجل لامركزية نسبية قدرها $\xi = 0,5$ وأما من أجل قيم اللامركزية تقع بين



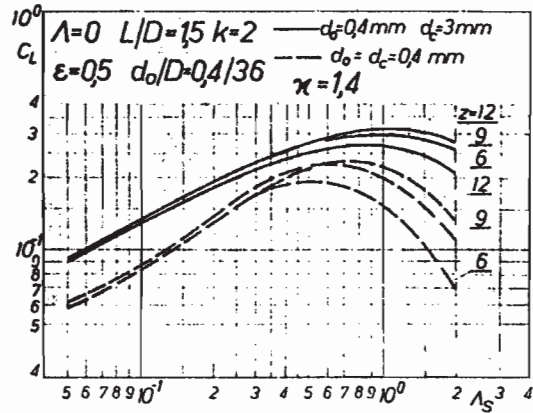
شکل - ۶ -



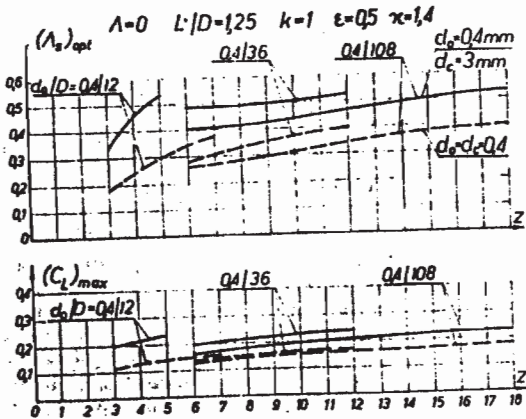
شکل - ۳ -



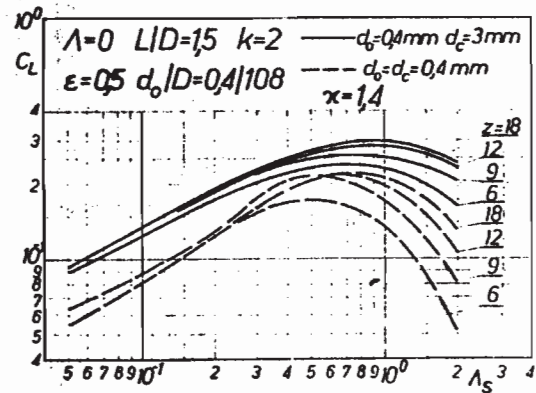
شکل - ۷ -



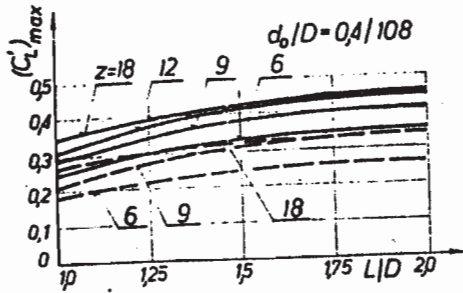
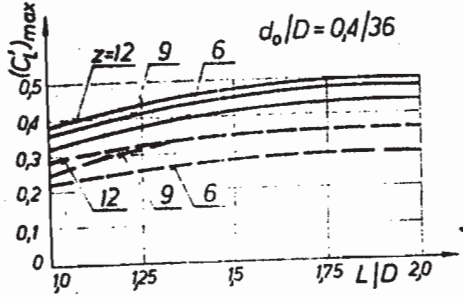
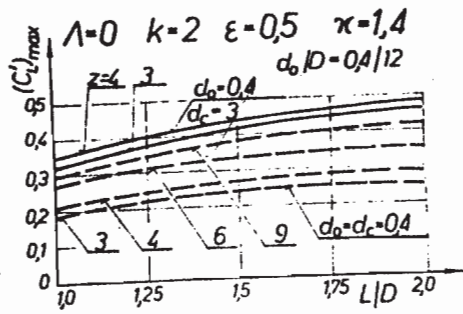
شکل - ۴ -



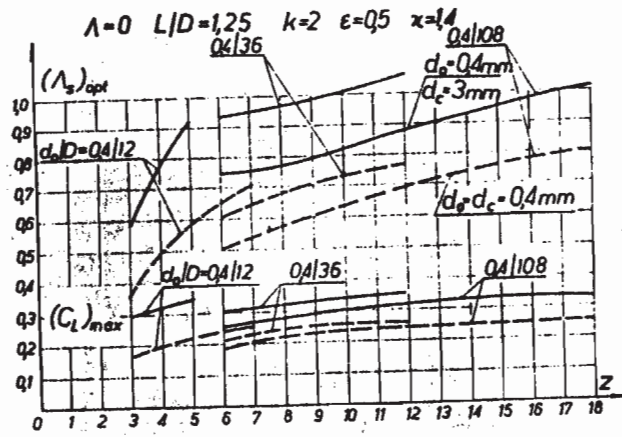
شکل - ۸ -



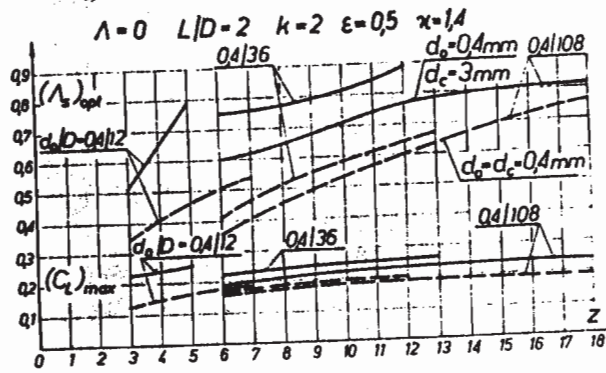
شکل - ۵ -



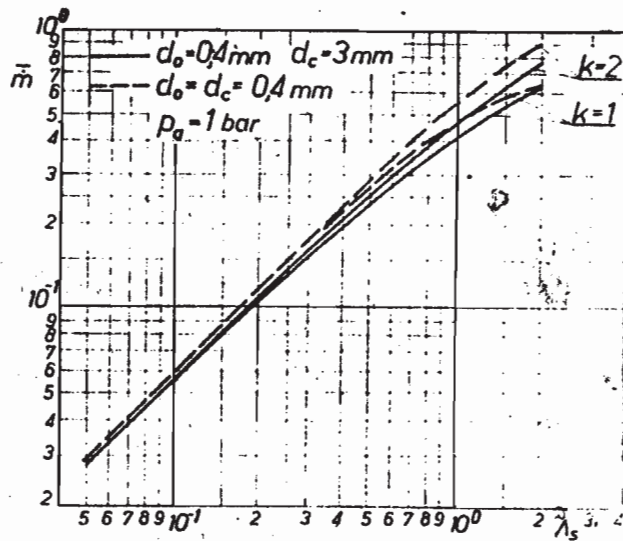
شکل - ۱۲ -



شکل - ۹ -



شکل - ۱۰ -



شکل - ۱۱ -

عندما تكون كل من $(P_o - P_a)$ و D محددة فإن قوة الحمل F

$$F = (P_o - P_a) D^2 C'_L$$

وبالتالي تكون متناسبة مع العامل C'_L

إن العامل $(C'_L)_{\max}$ هو تابع للنسبة $\frac{L}{D}$ ، من أجل $K = 2$

$$\frac{d_o}{D} = \frac{0,4}{12} ; \frac{0,4}{36} ; \frac{0,4}{108}$$

من أجل عدد متغير من الشقوق Z فإن هذا ممثل على الشكل /12/ ، نلاحظ أنه من أجل نظامي التغذية المدروسيين فإن العامل $(C'_L)_{\max}$ وبالتالي قوة الحمل F_{\max} تزداد باستمرار عندما تزداد النسبة $\frac{L}{D}$ من 1 إلى 2 ، مع ذلك فإن ازدياد $(C'_L)_{\max}$ ليس حساساً من أجل $\frac{L}{D} > 1,5$. من الناحية العملية النسبة $\frac{L}{D} > 1,5$ لا تستخدم إلا استثنائياً .

٧- نموذج لحساب مضجع :

المطلوب حساب قوة الحمل الأعظمية وتدفق مضجع ذي ثقوب باعتبار أن قطر $L=125 \text{ mm}$ وطول $D = 100 \text{ mm}$

ضغط الهواء عند المدخل $P_o = 9 \text{ bar}$ وعند المخرج $P_a = 1 \text{ bar}$ درجة حرارة الهواء $T = 293 \text{ K}^\circ$ سرعة الدوران $n = 25 \text{ Hz}$

الحل :

$$\text{لنعتبر } \frac{L}{D} = \frac{125}{100} = 1,25 \text{ ، } K = 2 \text{ نختار } Z = 9$$

نجد $d_o = d_c = 0,3 \text{ mm}$ من الشكل 9- نجد

$(C'_L)_{\max} = 0,23$ من أجل

$$(A_s)_{\text{opt}} = 0,5 ; \epsilon = 0,5 ; \lambda = 0, \text{ نجد } (A_s)_{\text{opt}} = 0,5$$

أن قوة الحمل :

المميزات المبسطة للتدفق :

إذا أخذنا بعين الاعتبار نتائج

حساب التدفق اللابيدي :

$$\bar{m} = m \frac{6 RT \mu}{\pi C^3 P_o^2}$$

فقد تم وضع المخطط \bar{m} (التدفق اللابيدي) كتابع لـ A_s وذلك من أجل جميع القيم $\frac{d_o}{D}$ ، $\frac{L}{D}$ ، K ، Z ، وهذا المخطط ممثل بالشكل /11/ .

ونلاحظ أن التدفق اللابيدي \bar{m} لا يتعلق إلا بعامل التغذية A_s وبالعدد K هذه العلاقة دقيقة من أجل $A_s < 0,6$ أما عندما $A_s > 0,6$ فنلاحظ تأثير النسبة $\frac{L}{D}$ والعدد Z على مميزات التدفق .
٦- تأثير عدد الشقوق Z والنسبة $\frac{L}{D}$ على قوة الحمل الأعظمية لمضجع (1) و(٤) :

بتحليل المخططات الممثلة بالأشكال 6, 7, 8, 9, 10 نلاحظ أنه اعتباراً من عدد معين من الشقوق Z_{opt} فإن عامل الحمل الأعظمي $(C'_L)_{\max}$ لم يعد يزداد بصورة واضحة ، فمن أجل مضاجع ذات أقطار صغيرة $D = 12 \text{ mm}$ فإن العدد Z_{opt} يساوي 5 من أجل المضاجع ذات الفجوة ويساوي 6 من أجل المضاجع ذات الثقوب . ومن أجل قطر وسطي $D = 36 \text{ mm}$ فإن العدد Z_{opt} يساوي 9 - 8 ، وفي النهاية من أجل قطر كبير $D=108 \text{ mm}$ فإن العدد Z_{opt} يتغير من 12 - 8

من أجل دراسة تأثير النسبة $\frac{L}{D}$ على قوة الحمل الأعظمية لمضجع يمكننا إدخال العامل .

$$C'_L = \frac{F}{(P_o - P_a) D^2} = C_L \frac{L}{D}$$

$$\Lambda = \frac{6\mu UR}{P_a C^2} = \frac{12 \mu \sqrt{n}}{P_a} \left(\frac{R}{C} \right)^2$$

$$\Lambda = \frac{12 \times 18 \times 10^{-6} \times 3,14 \times 25}{10^5} \left(\frac{0,05}{17,5 \times 10^{-6}} \right)^2 = 1,38$$

إن قيمة Λ هي أكبر قليلاً من 1 وبالتالي فإن تأثير سرعة الدوران على قوة الحمل ليس كبيراً .
من أجل تحديد $(C_L)_{max}$ (Λ_s) تم

استخدام المخططات الموافقة للنسبة $\frac{0,4}{108}$
8- تصميم وحساب عنفة هوائية ذات مضاجع هوائية : (٢)

قمنا بتصميم عنفة هوائية ذات مضاجع هوائية كتطبيق على حساب المضاجع الهوائية والفائدة المرجوة من هذا التصميم هي الحصول على سرعة دوران عالية جداً وباستقرار كبير للغاية ، بحيث تساعد على إجراء تجارب دون الخوف من حدوث اهتزازات عرضية .

- حساب المضجع القطري :

قطر المضجع المختار $D = 30 \text{ mm}$
طول المضجع $L = 60 \text{ mm}$

$$\frac{L}{D} = 2$$

المضجع مغذى بواسطة الثقوب فقط
عدد الثقوب $Z=6$ للمقطع الواحد ، عدد مقاطع الثقوب $K = 2$ ، $L = 0,25 \text{ m}$

$L = 15 \text{ mm}$ من المنحني البياني
 $\frac{L}{D} = 2$ من أجل $C_L = f(\Lambda_s)$

$$K = 2 ; Z = 6$$

• اللامركزية النسبية ،

$\xi = 0,5$ (50% من الخلوص القطري) نجد عامل الحمل :

$$(C_L)_{max} = 0,17$$

$$F_{max} = (C_L)_{max} (P_o - P_a) L \cdot D$$

$$F_{max} = 0,17 (9-1) 10^5 \times 0,125 \times 0,1 = 2300 \text{ N}$$

الخلوص الأسمي للمضجع C محسوب اعتباراً من عامل التغذية $(\Lambda_s)_{opt}$ العلاقة -١-

من أجل الهواء : اللزوجة الديناميكية :

$$\mu = 18 \times 10^{-6} \frac{\text{Kg}}{\text{m.S}}$$

و ثابتة الغازات :

$$R = 287,6 \text{ N.m / Kg.K}^\circ$$

والخلوص : $C = 17,5 \mu_m$
الانزياح المطلق للدوام :

$$e = C = 0,5 \times 17,5 = 8,75 \mu_m$$

القساوة الوسطى :
 $K = \frac{F_{max}}{e} = \frac{2,300}{8,75} = 262,8 \frac{\text{N}}{\mu.m}$

من أجل $\Lambda_s = 0,6$ و $K = 2$ نجد التدفق اللابعدى (شكل ١١) : $m = 0,36$
التدفق الحقيقي :

$$m' = \frac{m^2 C^3 P_o^2 \sqrt{n}}{6RT\mu} = \frac{0,23 \times 17,5^3 \times 10^{-18} \times 9^2 \times 10^{10} \times 3,14}{6 \times 287,6 \times 293 \times 18 \times 10^{-6}} = 5,395 \times 10^{-4} \frac{\text{Kg}}{\text{sec}}$$

التدفق الحجمي :

$$V = \frac{60m'}{\rho}$$

$$\rho = 1,2 \text{ Kg / m}^3$$

$$V = \frac{60 \times 5,395 \times 10^{-4}}{1,2} = 0,0269 \text{ m}^3/\text{min}$$

أما عدد المضجع :

$$A = \frac{\pi}{4} (6^2 - 3^2) = : \text{ للمسدن المستوي}$$

$$A = \frac{\pi}{4} (6^2 - 3^2) = 21,2 \text{ Cm}^2$$

$$C_L = 0,1 \text{ نعتبر}$$

القوة المحورية :

$$F_a = C_L \cdot A \cdot (P_o - P_a)$$

$$F_a = 84,8 \text{ N} \gg G : \text{ ضياعات الاحتكاك}$$

١- للمضج القطري :

$$P_f = \frac{\pi^3 \cdot D^3 \cdot L \cdot \mu \cdot n^2}{C}$$

$$\mu = 18 \times 10^{-6} \text{ Kg/m.S}$$

$$n = 100 \text{ HZ} = 6000 \text{ rpm}$$

$$P_f = 0,3 \text{ Kw} \quad \text{وهذا يؤدي}$$

٢- للمسدن المستوي :

$$P_f = \frac{2 \pi^3 \cdot \mu \cdot n^2 \left(\frac{r_2^4}{2} - r_1^4 \right)}{h}$$

$$\text{الخلوص المحوري } h = 0,02 \text{ mm}$$

$$\text{نصف القطر الخارجي } r_2$$

للقرص

$$\text{نصف القطر الداخلي } r_1$$

$$P_f = 6,78 \text{ W} \quad \text{وبالتالي نجد}$$

أما العنفة فقد اعتبرناها عنفة

هوائية كعنفة بلتون ذات 12 شفرة

دون فرضة في المنتصف وطبقنا عليها

حسابات عنفة بلتون .

الأشكال ١٣-١٤ تبين هذا التصميم لقرصين

$$D = 60 ; 100 \text{ mm}$$

خاتمة :

إن طريقة حساب المضاجع الغازية المبينة

في هذا المقال تسمح بإيجاد أبعاد المضاجع

الفضلى الموافقة لقوة الحمل الأعظمية، وكذلك

تحديد القوة التي يتحملها المضجع في مختلف

شروط العمل . بحيث تتم الحسابات بصورة

سهلة ، وذلك باستخدام المخططات المقدمة

مع المقال . ويمكن استخدام هذه الطريقة

لجميع أنواع الغازات .

عامل التغذية :

$$(\lambda_s)_{opt} = 0,43$$

$$C_L = \frac{F}{L \cdot D \cdot (P_o - P_a)}$$

$$\text{ضغط الدخول } P = 5 \text{ bar}$$

$$\text{ضغط الخروج } P_a^o = 1 \text{ bar}$$

قوة الحمل F

$$F_{max} = (C_L)_{max} \cdot L \cdot D \cdot (P_o - P_a)$$

$$F_{max} = 122,4 \text{ N}$$

$$\lambda'_s = \frac{\lambda_s}{K \cdot Z} = \frac{0,43}{2 \times 6} = 0,0356$$

$$r_o \approx 0,25 \text{ mm} \quad \text{نصف قطر الثقب}$$

$$C = 0,03 \text{ mm} \quad \text{الخلوص القطري}$$

$$r_o = 0,2 \text{ mm} \quad \text{نصف قطر الثقب}$$

$$C = 0,027 \text{ mm} \quad \text{الخلوص القطري}$$

من المخطط عند :

$$\lambda_s = 0,43 ; K = 2 \rightarrow \bar{m} = 0,26$$

$$C = 0,03 \text{ mm} \rightarrow \dot{m} = 0,000193 \frac{\text{m}^3}{\text{sec}}$$

وبالتالي التدفق الحجمي للهواء بالدقيقة :

$$\dot{V} = \int X \dot{m} = 1,2 \times 0,000193 \times 60 = 0,0139 \text{ m}^3/\text{min}$$

الصلابة :

$$C = 30 \mu$$

$$K = \frac{F}{\xi \cdot C} = 8,15 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

$$C = 27 \mu$$

$$K = \frac{F}{\xi \cdot C} = 9,06 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

وفي النهاية عند

$$C = (0,025 - 0,03) \text{ mm}; r_o = 0,25 \text{ mm}$$

يمكن أن نأخذ التدفق الأعظمي للهواء :

$$\dot{V} = 14 \text{ Lit} / \text{min}$$

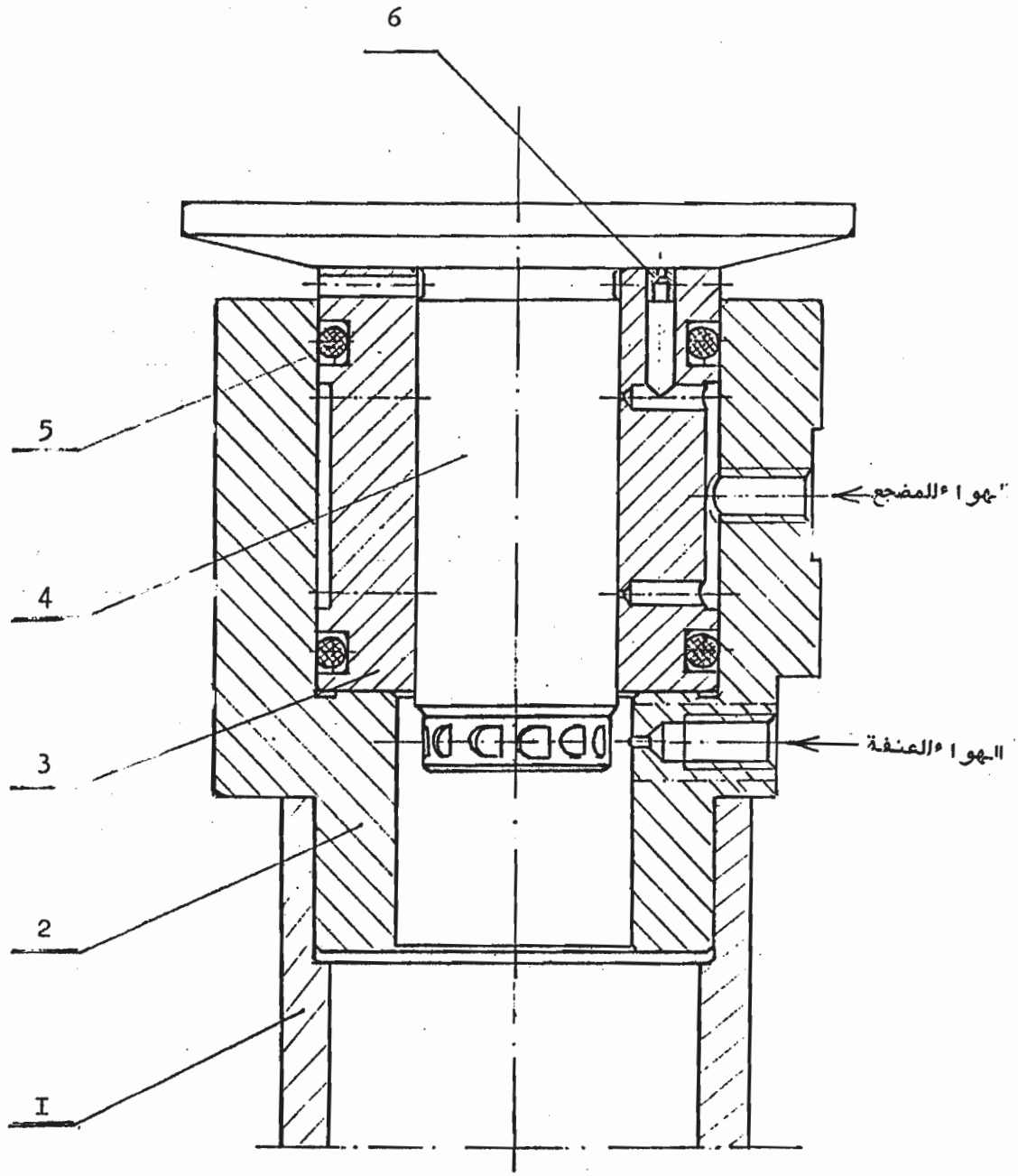
لنحسب الآن وزن الجسم الدائر مع

المحور (معدنه نحاس أصفر ، وزنه

النوعي $\left(\frac{8 \text{ gr}}{\text{Cm}^3} \right)$

$$V = 119,25 \text{ Cm}^3$$

$$G = \rho \cdot V = 9,5 \text{ N}$$



٢-مسند

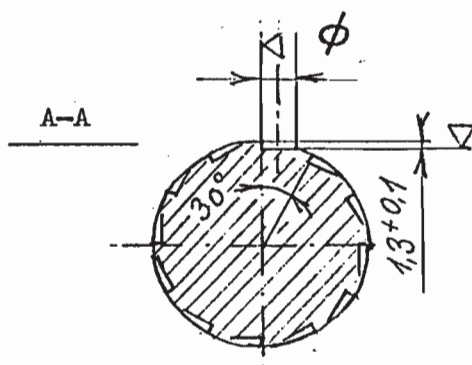
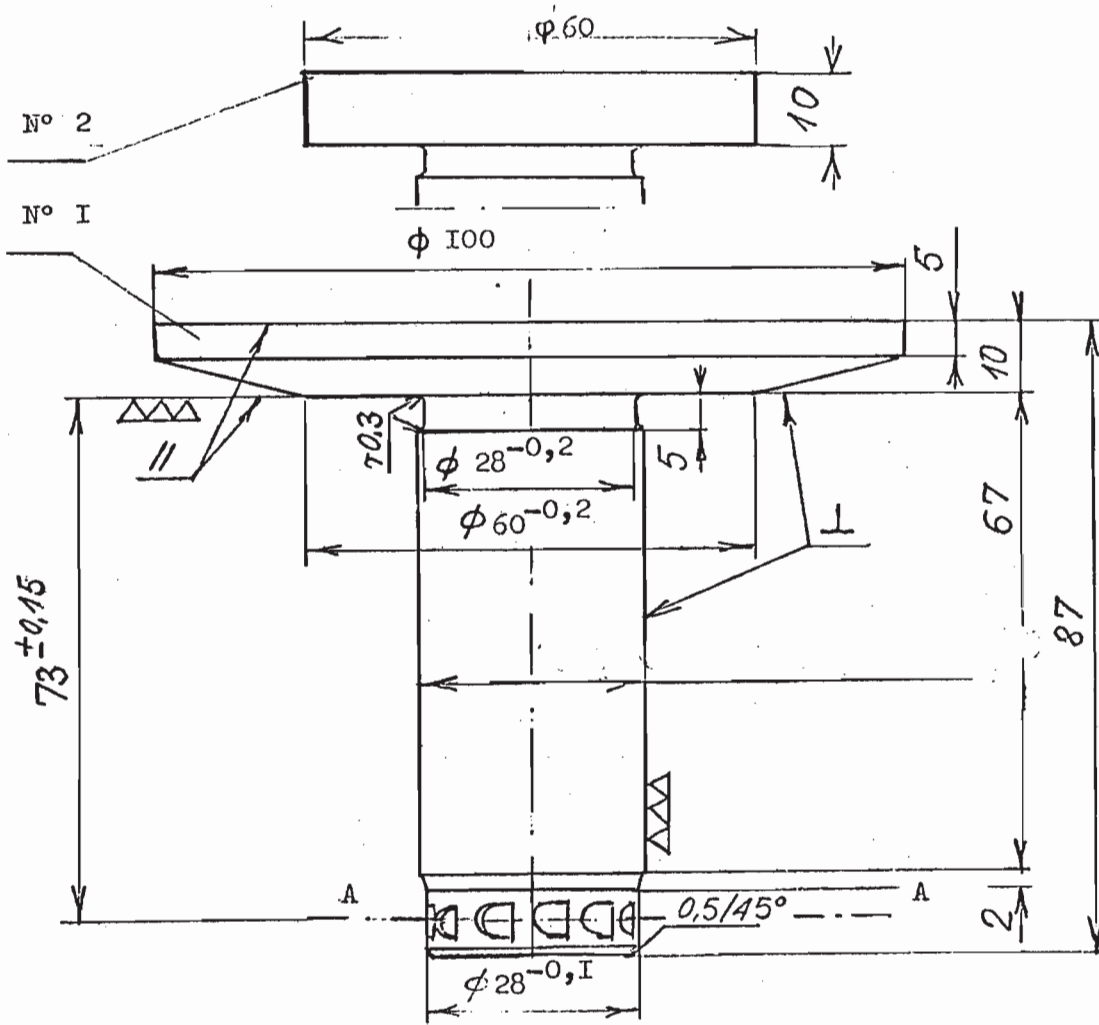
٢-جسم

١-حامل

٦-اليد
القاعد

٥-ماء اور

٤-دوار



RESUME

On présente une méthode de calcul des paliers a gaz cylindriques fondée sur leurs caractéristiques non - dimensionnelles. Elle peut être appliquée pour les paliers dont le film de gaz est alimenté par les orifices seuls ou par les orifices associés à des cavités cylindriques .

La méthode décrite permet de calculer d'une façon simple les dimensions optimales correspondant à la portance maximale d'un palier, ainsi qu'à son débit. Dans ce but on établit les diagrammes spéciaux .

On présente aussi un exemple du calcul d'un palier et une étude d'une turbine à air sur palier à air .

- 1 - KRYSINSKI, J. 1978 - Palier à gaz
Université Libre de Bruxelles .
 - 2 - TAKLA, J. 1980 - Dispersion régulière d'un film liquide issu d'une plaque fixe ou d'un disque en rotation . Université Pierre et Marie Curie, Paris .
 - 3 - Comolet, R. 1982 - Mécanique expérimentale des fluides, Tome II , Masson et cie , Paris .
 - 4- Krysinski, J et Kazimierski, Z. 1980 .
Caractéristiques non dimensionnelles des paliers a gaz,
Revue Tydschrift. Pologne .
- ٥ - اشرف د. جوني تقلا ، اعداد ايهاب
نحال - ١٩٩١ - العنفات الهوائية ذات
المضاجع الهوائية وتطبيقاتها في
اجهزة طب الاسنان ، مشروع تخرج
جامعة تشرين .
- ٦ - اشرف د. جوني تقلا، اعداد رغداد
صالح - ١٩٩١ - دراسات وحسابات
دارات جهاز طب الاسنان ، مشروع تخرج
جامعة تشرين .