(13)

بسم الله الرحمن الرحيم

تصميم وتصنيع آلية تقوير إسكات السيارات تعمل بضغط الهواء

Design and Manufacture of a mechanism for tire extraction operating with pressure of air

إعداد الطلاب :

1- إميل أنيس نصيف

2- أبو القاسم محمد أبراهيم

3 - فيصل داؤود أحمد

osama Mohammed Elmardi Suleiman
Mechanical Engineering Department
Faculty of Engineering and Technology
Nile valley University Atbara, Sudan

مشروع تخرج لنيل درجة الدبلوم في الهندسة الميكانيكية

كلية الهندسة و التقنية

جامعة وادي النيل

مايو 2003

بسم الله الرحمن الرحيم

تصميم وتصنيع آلية تغيير لستك السيارات تعمل بضغط الهواء

إعداد الطلاب :

1- إميل أنيس نصيف D98022

2- أبو القاسم محمد أبراهيم D98061

3 - فيصل داؤود أحمد D98214

إشراف الأستاذ :

أسامة محمد المرضي

مشروع تخرج لنيل درجة الدبلوم في الهندسة الميكانيكية

كلية الهندسة و التقنية

جامعة وادي النيل

مايو 2003

الاهداء

الى كل الذين عانوا وسهروا من اجل تمهيد طريق العلم لنا ولمن كابدوا ليكون درب العلم بحراً نشرع فيه ولمن احترقوا ليضئوا لنا الطريق ، ويجعلوا العلم نبراساً نقتبس منه حلاوة الحياة .

ولكل الذين اعطوا من غير ان ينتظروا الثناء اساتذتى الأجلاء .

والى كل الذين كانت لهم ذرة جهد لأنجاح هذا العمل الى زملائى رفقا الدرب الذين قضينا معهم اجمل الأقات التى لاتنسى وستظل عالقة فى الوجدان لاتمحوها الأيام بحلوها ومرها.

الى الوالدين العزيزين الذين بذلا الغالى من اجلنا الى اخواننا وكل افراد اسرتنا الأعزاء الى كل هؤلأ نهدى ثمرة هذا الجهد المتواضع آملين ان يكون نواة لنا نحو واجبنا اتجاه وطننا .

شكر وعرفان

نتقدم باسمى ايات الشكر من بعد الله عز وجل لكل الجهات التى قدمت لنا يد العون و المساعدة لأنجاح هذا المشروع .
نخص بالشكر .
الأستاذ : اسامة محمد المرضى الذى ما بخل علينا بشئ وبذل كل وقته وجهده .
مهندسى وعمال ورش السك الحديد ونخص اسرة ورشة العربات القديمة الذين قدموا لنا كل مايملكون من معلومات وخبرات فى المجال العملى .

الملخـــص

جاءت فكرة تصميم وتصنيع آلية تفوير اللساتك بعد الحوجة الكبيرة لها والتى جاءت بتذايد اعداد السيارات او العربات الأرضية فى جميع انحاء العالم . ولرفع الأعباء عن كاهل العامل الذى يعمل فى الألة اليدوية التى تحتاج الى جهد كبير ووقت اطول ومما ذاد تدعيم الفكرة ان الألية تعمل فقط بضغط الهواء وهى غير مكلفة عدا كلفة التصنيع .

وفى هذا التقرير تمت دراسة العناصر المكونة للمنظومة النيوماتيكية وتوضيح مميزات وعيوب الهواء المضغوط كوسيلة لنقل الطاقة وقد وضعة التصاميم المناسبة لألية تفوير اللساتك ومن ثم طريقة تصنيعه والتى تعتبر معقدة نوعاً ما وتم اجراء الأختبار لتفوير لساتك العربات الأرضية بمقاسات مختلفة وادت الى نتائج مقبولة .

الفصل الأول

المقـــدمة والهـــدف من المشروع

1.1 المقدمـــــــــــة

بدأت الحوجة الى الية تعمل على فصل عجل الحديد عن الأطار الخارجى منذ امد بعيد منذ ظهور العربات الأرضية وما قبلها فقد بدأت اولاً بالألة اليدوية و التى تحاج الى وقت اكبر وجهد عالى .

وبما ان الوقت اصبح من العوامل المهمة فقد فكر المهندسين المصممين فى عمل الية تعمل على توفير الوقت والجهد العالى منذ جاء التصميم الأول ليعمل بضغط الزيت (هايدروليك) وقد كان مكلف نوعاً ما ثم جاءت الألية التى تعمل بضغط الهواء (نيوماتك) وهى افضل بكثير من النوع الأول من ناحية الخطورة والتكلفة بعد اجراء عمليات التصنيع . اذ انها تعمل بالهواء المضغوط وهو متوفر باكبر كمية . وهنالك اليات تعمل بالهواء المضغوط والزيت (هايدروليك ونيوماتك) ومن مميزاتها انها صغيرة الحجم الإ انها معقدة التصميم وتكون عرضة للتسريب اكثر من غيرها .

وبالأطلأع على كل هذه الأنواع من الأليات فقد ركزنا جهدنا على اقلها تكلفة واقل عرضة لعوامل التسريب وهى الألية التى تعمل بضغط الهواء فقط وقد وجدنا انها تؤدى الى حل مشاكل الوقت والجهد المبذول لدى العامل فى الالية وتادية الغرض المطلوب منها بصورة افضل .

1.2 الهدف من المشروع:-

الهدف من المشروع تصميم وتصنيع الية تفوير لساتك سيارات بمقاسات متوسطة تعمل بضغط الهواء .

الفصل الثانى

دراسة نظرية

2.1 دراسة الهواء المضغوط :-

الهواء المضغوط نيوما وهو ماخوذ من اللغة اليونانية وهى تنفيس الهواء واطلق عليه نيومانيك ولفظ نيوما تعنى تحركات الهواء وظواهره الطبيعية .

2.2 استخدامات الهواء المضغوط:-

يستخدم فى المصانع والورش بغرض التخلص من الاتربة وفى تشغيل الماكينات والاجهزة الصنا عية كما يستخدم فى تفوير لساتك العجلا ت الارضية بواسطة جهاز تفوير اللساتك .

2.3 تاثير درجة الحرارة والضغط على الهواء المضغوط:-

يتاثر الهواء المضغوط تاثير مباشر بدرجة الحرارة ويرتفع الضغط با رتفاعها وكذلك الانخفاض. وهو ليس حساسا لتقلبات الجوء ودرجات الحرارة المرتفعة .

2.4 قدرة الهواء المضغوط على امتصاص الماء:-

الهواء له قدرة على امتصاص الماء وترتفع هذه القدرة بارتفاع درجة الحرارة اما فى حالة التبريد يتكثف الماء فى شكل قطرات وعليه يجب اعداد الهواء المضغوط جيدًا بحيث يمكن التخلص من الرطوبة لكى لا تسبب صدا للاجهزة والمعدات التى يمر بها الهواء .

2.5 مميزات الهواء المضغوط :-

هنالك عدة مميزات يتميز بها الهواء المضغوط منها :-

1- الهواء يمكننا الحصول عليه فى اى مكان وباى كمية مطلوبة .
2- الهواء المضغوط قابل للتخزين .
3-لانحتاج للتخلص من بقايا الهواء المضغوط حيث يمكن تسريبها للجو.
4- الهواء المضغوط ليس حساسًا تحت تقلبات الجو العادية لذلك يمكن استخدامه فى اى جو
سواء ارتفعت درجات الحرارة او انخفضت .
5- الاجهزة الخاصة بالهواء المضغوط رفيعة وسهلة الاستعمال .
6- الهواء المضغوط سريع وبذلك يمكن الحصول على سرعات عالية فى التصنيع .
7- عدداجهزة العمل بالهواء مؤمنة تماما ضد الضغط الزائد.
8- لاتوجد اخطار انفجارات عند استعمال الهواء (غير قابل للاشتعال) .

2.6 عيوب الهواء المضغوط:-

1- يتطلب توليد طاقة مرتفعة التكاليف.
2- لايمكن التحكم فى سرعة ثابته ومنتظمه للكباس وذلك لان الهواء المضغوط يقبل الانضغاط الابا ستعمال منظم .

2.7 مكونات المنظومة النيوماتيكية :-

1/ عناصر توليد القدرة .
2/ عناصر وحدة الخدمة .

3/ عناصر استقلال القدرة .
4/ عناصر التحكم فى القدرة .
5/ العناصر المساعدة .

2.8 عناصر توليد القدرة(الضواغط) :-

هى عبارة عن الية تقوم بضغط الغازات ويوجد هنالك انواع منها الضواغط الترددية والديناميكية والدوارة .

(2.9) عناصر إستقلال القدرة (اسطوانه بمكبس) :-

تتمثل فى أسطوانه يتحرك داخلها كباس ويمكن ان تكون مفردة او مزدوجة تعطى قدرة فعالة فى
إتجاهين :

(2.10) اسطوانة وحيدة الفعل :

2-10-1 طريقة العمل :-

يندفع الهواء المضغوط خلال الثقب الموجود بجانب الكباس الى علبه الضغط الناتج يصدر قوة فوق سطح الكباس وهنا يبدأ الكباس فى الحركة الى الامام وبعد وصول الكباس لاقصى نقطة فى الامام ينخفض ضغط الهواء ويبدأ فى التنفيس بالرجل الاخرى او التفريغ للهواء المضغوط عن اى طريق وبالتالى يتم إرجاع الكباس الى الحالة الطبيعية ولتفادى الصدمة من رجوع الكباس بقوة يصنع ياى داخلى او خارجى لامتصاص الصدمات .
الاسطوانه وحيدة الفعل الضغط عليها من جانب واحد ولذلك تكون فاعليتها من جانب واحد فقط وفيها طول الشوط مكبر نوعاً ما لانه كلما كبر الشوط قلت القدرة .

2.10.2 الإستخدامات :-

تستخدم فى الضغط متمثلاً فى طول الشوط لها .

2.11 عناصر التحكم فى القدرة :-

1/ صمامات التحكم فى القدرة .
2/ صمامات التحكم فى الضغط .

2.12 تنقسم صمامات التحكم فى الضغط الى نوعين :-

1/ صمامات الامان :-

وهى صمامات تقوم بحماية جزء او اجزاء من الدائرة من خطر الانفجار الذى يحدث من إرتفاع الضغط وتكون الحماية بتقليل الضغط وذلك باخراج جزء من الهواء من الدائرة عند وصول الدائرة الى قيمة معينة .

2/ صمامات تخفيض الضغط :-

وهى صمامات تجعل الضغط ثابت فى جميع اجزاء الدائرة .

الفصل الثالث

تصميم وتصنيع الجهاز

3.1 اولا التصميم :

3.1.1 مواصفات المكبس :-

1/ يعمل بالهواء المضغوط
2 / يوفر قوة كبس مقدارها 8.835 KN
3/ الضغط الاقصى المسموح به 5bar
4/ من الصعب تصنيع الجهاز الا بواسطة شركات مختصة بذلك
5/ يعطى شوط قدرة 152.4mm
6 / سهلة التشغيل
7/ ذو تكلفة عالية
8/ سهولة الصيانه
9/ مصنوع من الحديد الزهر
10/ متوفرة فية السلامة والامان

1/تصميم الأسطوانه :-

فى المواصفات الموضوعة للكبس هى ان يعطى قوة مقدارها 8.835KN وبافتراض ان الضغط 5bar يمكن إيجاد القطر الداخلىللاسطوانه من المعادلة الاتية :-

$$F=PA \quad _____ (3.1)$$

حيث ان :
A≡ مساحة سطح المكبس
P≡ الضغط المسموح به
F≡ القوة المتولدة فى ذراع الكباس
وعلية فأن :-

$$A= F/P \quad _____ (3.2)$$

وبالتعويض فى المعادلة اعلاه

$$A = \frac{8.835 * 10^3}{5 * 10.5} = 1767mm^2$$

لايجادقطر الاسطوانه الداخلى يمكن التعويض فى المعادلة التالية :

$$D = \sqrt{[4A/\pi]} \quad ____ (3.3)$$

حيث ان :
A≡ مساحة مقطع الاسطوانه
D≡ القطر الداخلى للاسطوانه
وبالتعويض فى المعادله (3-3) ينتج :

$$d = \sqrt{\frac{0.01767*4}{\pi}} = 0.150m = 150mm$$

فى النظريةالتالية نفرض ان الاجهادات نصف القطرية فى جدار الاسطوانه صغيرة مقارنه بالاجهادات المحيطية Oh والاجهادات الطولية OL .
إضافة الى ذلك نفرض ان الاجهادات تكون موزعة بانتظام خلال الجدار نتيجة للضغط على طرفى الاسطوانة يكون هنالك اجهاد شد طولى فى جدار الإسطوانه اذا كان (p) هو ضغط الهواء فأن القوة الكلية على طرفى الاسطوانه هى :-

$$F = P * A$$
$$F = \frac{P}{4} * \pi d^2 \rightarrow (3.4)$$

حيث:
d = قطر الاسطوانه الداخلى .
تكون القوة المناظرة للاجهاد الطولى تساوى الاجهاد * مساحة السطح
$$F = OL * \pi dt \rightarrow (3.5)$$
حيث
F≡ القوة المناظرة للاجهاد الطولى
L ≡Oالاجهاد الطولى
d≡ القطر الداخلى للاسطوانه
t ≡ السمك للاسطوانه
للاتزان فأن القوة المعطاه بالمعادلات(3-4)&(3-5) يجب ان تتساوى

$$OL\pi dt = \frac{P\ \pi d^2}{4}$$
$$O_L = \frac{Pd}{4t} \rightarrow (3.6)$$

وبنفس الطريقة يمكن ايجاد الاجهاد المحيطى OH كمافى المعادلة ادناه

$$O_H = \frac{Pd}{2t} \rightarrow (3.7)$$

كمايمكن ايجاد الاجهاد المحيطى والاجهاد نصف القطرى حسب المعادلات ادناه
اذا كان p1 هو الضغط الداخلى عند قطر d1 ويكون الضغط الخارجى ضغط جوى (صفر) عند قطر d2 فأن :-
$$p_1 = a + b/d_1^2 \rightarrow (3.8)$$
$$Ø = -a + b/d^2 2 \rightarrow (3.9)$$

حيث ان :-
b &d≡ ثابتان يعتمدان على الابعاد وشروط التحميل .

بطرح المعادلة(3-8) من المعادلة(3-9) نتحصل على :-

$b = (d^2_1 d^2 2 / d^2 - d_1^2)$

$a = b/d^2 = (d^2_1 / d^2_1 - d^2_1) P_1$

وبذلك يمكن إيجاد الاجهادات بدلالة القطر

$P = -a + b/d^2 \rightarrow (3\text{-}10)$

حيث ان:-

P ≡ الاجهاد النصف قطرى

ومن المعادلة (3-10) :-

$P = (d_1^2 / (d2^2 - d1^2)(-1 + d2^2/d_1^2) P1$

$P = \frac{(d2^2 - d1^2) d1^2}{(d2^2 - d1^2) d.^2} p1 \rightarrow (3\text{-}11)$

d≡ القطر الخارجى للاسطوانة

P1 ≡ الضغط الكلى على الاسطوانة

$\delta h = a + b/d^2 \rightarrow (3\text{-}1\ 2)$

δ h≡ الاجهاد المحيطى

وبنفس الطريقة اعلاه فان :-

$\delta h = \frac{(d2^2 + d1^2)}{(d2^2 - d1^2) d.^2} * P1 \rightarrow (3\text{-}13)$

الاجهاد المحيطى الاقصى يكون عند d = d1

من المعا دلة فان :-

$\delta 1 [(d2^2 + d1^2)/(d2^2 - d1^2)] p1 \rightarrow (3.14)$

الاجهاد الاقصى يمكن ايجاده من المعا دلة :-

$\zeta = \frac{1}{2} (Ói + p1)$

$\zeta = [d^2 2/(d2^2 - d1^2)] p1 \rightarrow (3\text{-}15)$

اذاكان d1= 0.15m هو القطر الداخلى فان اجهاد الشد الاقصى هو الاجهاد المحيطى

بالداخل ومن المعادلة (3-15) يمكن ايجاد القطر الخارجى للاسطوانة كما يلى بافتراض

عامل الامان (6).

$Oall = \frac{Oy}{F.S} \rightarrow (3\text{-}16)$

$Oall = \frac{210 * 10.6}{6} = 35 * 10.6 N/m$

وبالتعويض فى المعادلة (3-14) ينتج :-

$$35*10.6 = \frac{[d2^2 + (0.15)^2]}{d2^2 - (0.15)^2} * 5*10.5$$

$\therefore d2 = 0.1522m = 152.2mm$

كما يمكن ايجاد القطر الخارجى من المعادلة (3-15)

$\zeta = \frac{1}{2}(210 * 10.6 + 5 .10.5) = 105.25*10.6 \ N/m^2$

$\zeta = \frac{\zeta y}{F.s} = \frac{105.25*10.6}{6} = 17.54*10.6 \ N/m^2$

وبالتعويض فى المعادلة (3-15) يمكن ايجاد القطر الخارجى للسطوانة

$17.54* 10.6 = [d^2 2 /(d^2 2 - d_1^2)]5*10.5$

$\therefore d2 = 152.2mm$

وبمعرفة كل من القطر الداخلى والخارجى للأسطوانة يمكن ايجاد السمك من المعادلة

$t. = R2 - R_1$ _____(3-17)

حيث ان

t. ≡ سمك الأسطوانة

R2≡ نصف القطر الخارجى للأسطوانة

R_1≡ نصف القطر الداخلى للأسطوانة

$R = D/2$ _____ (3-18)

$\therefore t. = \frac{D2}{2} - \frac{D_1}{2} = \frac{152.2-150}{2} = 1.1mm$

وهو يمثل اقل سمك ليتحمل هذا الضغط لذا فقد تم اختيار اسطوانة بسمك (12mm) لأعتبارات التصنيع .

2 /تصميم الكباس وذراع الكباس :-

يمكن معرفة قطر الكباس من خلال تصميم الأسطوانة وذلك لان القطر الأسمى للاسطوانة يكون متوافق مع الكباس نتيجة لوجود حركة نسبية بين الكباس والسطوانة فان التوافق بين الاسطوانة والكباس توافق خلوصى .

التفاوت فى الاسطوانة يساوى القطر الداخلى للاسطوانة +الخلوص

االتفاوت فى الكباس = القطر الداخلى للاسطوانة – الخلوص

تصميم ذراع الكباس :-

ذراع الكباس يتعرض لأجهاد ضغط نتيجة للقوة المتولدة من ضغط الهواء لأيجادالمساحة المتعرضة للضغط يمكن استخدام المعادلة الأتية :-

$$O = F / A \quad _____ (3\text{-}19)$$

حيث ان :

F≡ القوة المؤثرة على الجهاز

A≡ المساحة المتعرضة للضغط

O ≡ الأجهاد المسموح به

$$A = F / O$$

$$A = 8.835*10^{3} / 23.3*10.6 = 3.7864*10.\text{-}4m^{2}$$

لأيجاد قطر الذراع يمكن استخدام العلأقة الأتية :-

$$d = \sqrt{[4A / \Pi]} = 46$$

$$d = \sqrt{[4*3.7864*10.\text{-}4/\Pi]}$$

$$= 21.956mm$$

وهو يمثل اقل قطر يتحمل القوة الضاغطة وقد تم استخدام كباس بقطر 60mm ضمان لعمليات التصنيع .

تصميم المسامير :-

يتم تصميم الاسطوانة اعلى الهيكل بعدد 4مسامير وبما ان المسامير تتعرض لقوة شد يمكن استخدام المعادلة الأتية لأيجاد المساحة االمتعرضة للشد فى المسمار

$O = F/A$ _____(3-20)

المادة المصنوع منها المسامير فولأذ مطاوع من جدول خواص االمواد واجهاد الخضوع للمادة هو :-

$Oy = 280MN/m^2$

نفرض ان عامل الأمان هو 4

$Oall = Oy /F.s$ _____(3-21)_

وبالتعويض فى المعادلة (3-21)

$=280/4 =70MN/m^2$

وعليه لأيجاد مساحة المسمار المعرضة للشد يمكن استخدام المعادلة

$A= F/O$ _____(3-22)

$A =\frac{8.835*10^3}{70 *10.6}=126*10.^{-4} m^2$

لأيجادقطر المسمار يمكن استخدام المعادلة الأتية :-

$d.= \sqrt{[4A /JI]}$ ____(3-23)

$\sqrt{[4*1.26*10.^{-4} /JI)}= 0.0126m$

وعليه يمكن استخدام مسمار بقطر 14mm وهو مناسب لعمليات التصنيع وبما ان المسامير تتعرض الى قوة شد يمكن حدوث قص فى اسنان القلووظ بالنسبة للمسمار او الصامولة ويمكن حساب القص الناتج من المعادلة الاتية :-

$\zeta= \frac{F/n}{JI*dr *p/2}$ _____(3-24)

حيث ان :-

$\zeta \equiv$ اجهاد القص الناتج فى القلووظ

$n \equiv$ عدد الأسنان

$P \equiv$ خطوة القلووظ

$d.r \equiv$ القطر الداخلى للقلووظ

$F \equiv$ القوةالمؤثرة على القلووظ

من المعلومات السابقة ←

$$F = 8.835 * 10^3 N$$
$$dr = 14mm$$
$$n = 10$$

من الجدول وتحت قطر المسمار الخارجى d_r

نوجد P وبالتعويض فى المعادلة يمكن إيجاد إجهاد القص الناتج فى سن القلووظ من المعادلة (3-24)

$$\zeta = \frac{8.835 * 10^3 / 10}{\lambda(0.014)(2/2)}$$

$$\therefore \zeta = 0.020087 MN/m^2$$

وبما ان المسامير مصنوعة من الفولاذ المطاوع من جداول خواص المواد وجد ان الاجهاد للخضوع للمادة هو

$$\sigma y = 280 MN/m^2$$
$$\zeta all = 0.5 * \sigma y \rightarrow (3-25)$$
$$\zeta all = 0.5 * 280 = 140 MN/m^2$$

وبمقارنة اجهاد القص المسموح به مع المتولد فنجد ان التصميم مقبول

4/ تصميم الياى :-

تم تركيب ياى حلزونى على ذراع الكباس وذلك الامتصاص الصدمات وارجاع الكباس الى وضعه الاول بعد نهاية العمل .

مواصفات الياى الذى تم استخدامه :-

قطر السلك d= 10mm

قطر الملف D = 10cm

عدد اللفات u = 13

الطول الحر للياى L = 43cm

بغرض ان الماده المستخدمة فى تصنيع الياى هى الفولاذ المطاوع ومن جدول خواص المواد وجد ان اجهاد الخضوع

$$\sigma y = 280\ MN/m^2$$

$$\zeta y = 0.5\zeta y \rightarrow (3\text{-}25)$$

$$\zeta y = 0.5 * 280 = 140 MN/m^2$$

بفرض ان عامل الامان هو 3 يمكن إيجاد إجهاد القص المسموح به من العلاقه الاتية :-

$$\zeta all = \frac{\zeta y}{F.s}$$

بالتعويض فى المعادلة اعلاه =>

$$\zeta all = \frac{140}{3} = 46.67\ MN/m^2$$

و لايجاد الانحراف فى الياى يمكن استخدام المعادلة الاتية :-

$Y = 2 * 10^{-1} n$ وبالتعويض فى المعادلة اعلاه يمكن حساب قيمة y

$$Y = 2*10^{-3} * 13 = 0.026mm$$

لأيجاد الأجهاد الأقصى يمكن استخدام المعادلة الأتية :-

$$\zeta = \frac{G\ d\ y}{\Pi\ D^2 n} \quad \text{_____} (3\text{-}26)$$

حيث أن :-

G≡ معاير الجساءة للمادة المصنوع منها الياى

Y≡الأنحراف فى الياى

d≡قطر السلك المستخدم

D≡ قطر الملف

n≡عدد اللفات

وبالتعويض فى المعادلة أعلاه يمكن إ يجاد الأجهاد الأقصى

$$\zeta = \frac{80*10.9*0.01*0.026}{\Pi * 0.1 * 13}$$

$$\zeta = 5.0929*10.6 \text{ N/m}^2$$

وهو اقل من الأجهادالمسموح به

5 تصميم البنوذة :-

يتم وضع عارضة على جهاز الكباس أو المكبس الى أعلى وتثبيت عمود الكباس مع حلقة

دائرية صغيرة تعمل لضمان عدم تسريب الهواء ويوضع عليها من الداخل (سيل) اومانع تسريب لحماية الجهاز او المكبس من التسريب فلذلك كان لأبد من وضع بنز ليربط بين العمود للكباس والحلقة المانعة للتسريب وذلك لفك العمود وصيانة الأجزاء الداخلية .ونتيجة لوجود قوة راسية الى اعلى فانها تودى الى نشوء اجهاد قص على البنزين ويمكن حسابها من المعادلة التالية :-

$$\zeta = F/A \quad \text{_____(3-27)}$$

حيث ان :-

ζ ≡اجهاد القص الناتج من البنوزة

F≡ القوة الواقعة على البنوزة

A≡ المساحة المتعرضة للقص

نفرض ان المادة المستخدمة فى تصنيع الببنوزة هى الفولاذ المطاوع

$$\zeta aLL = \zeta y/F.s \text{_____(3.28)}$$

حيث ان :-

ζaLL ≡ إجهاد القص المسموح به

ζy ـ إجهاد قص الخضوع

F.s ≡ عامل الامان

نفرض ان عامل الامان 3 وبالتعويض فى المعادلة ينتج :-

$$\zeta aLL = \frac{140}{3} = 46.67 \text{ MN/m}^2$$

لإيجادالمساحة المعرضة للقص نستخدم المعادلة

$$A = F/\zeta$$

$$A = \frac{8.835 * 10^3}{46.67 *10.6} = 1.893* 10.-4 \text{ m}^2$$

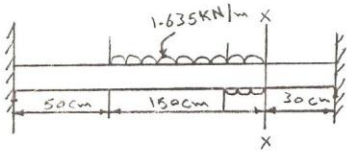
لإيجاد قطر البنز المناسب نستخدم العلاقة الاتية :-

$$d = \sqrt{\frac{4A}{2\Pi}}$$

$$d = \sqrt{\frac{4*1.893* 10.-4}{\pi * 2}} = 10.9\text{mm} = 0.0109\text{m}$$

وتم استخدام بنز بقطر 11mm

(3.1.2) تصميم قاعدة الإسناد :



نفرض ان المادة المصنوعة منها القاعدة فولاذ $O_y = 280MN/m^2$

نفرض أن عامل الامان =6

$$O_{aLL} = \frac{280*10}{6} = 46.67\ N/mm^2$$

$F = m * g \rightarrow (3-29)$

$25*9.81 = 245.25$

$M = F/x$ _____(3-30)

$$\frac{245.25}{0.15} = 1.635kN/m$$

عن طريق معادلة ماكولى

حيث ان :

M ≡ العزم

E ≡ معاير الررنه

I≡ العزم الثانى للمساحة

$$M = EI\frac{d^2v}{dx^2} \quad _____ \quad (_3\text{-}31)$$

$$EI\frac{d^2v}{Dx^2} = Rix - mi - \frac{1.635(x-50)}{2} + \frac{1.635(x-200)^2}{2} \rightarrow (a)$$

$$EI\frac{dv}{dx^2} = \frac{Rix^2}{2} - mix - \frac{1.635(x-50)^3}{6} + \frac{1.635(x-200)^3}{6} + A \rightarrow (b)$$

$$Elv = \frac{Rix^2}{6} - \frac{mix^2}{2} - \frac{1.635(x-50).4}{24} + \frac{1.635(x-200).4}{} + Ax + B _(C)$$

فى بداية العارضة

$$\frac{Dv}{Dx} = v = x = ø$$

$A = ø$ <= (b) من المعادلة

$B = ø$ <= (C) من المعادلة

فى نهاية العارضة

$$\frac{dv}{dx} = v = ø$$

x =230mm

بالتعويض فى المعادلة (b) =>

$$Ø=\frac{R1(230)^2}{2}-230m1-1589220+7357.5$$

$$Ø=26450R1-230m1-15818620.5 \quad \rightarrow(d$$

بالتعويض فى المعادلة (C)=>

$$Ø=\frac{R(230)^3}{6}-\frac{m(230)^2}{2}-1.635\frac{(230-50)}{24}+1.635\frac{(230-200).4}{24}$$

$$EIV^{\wedge}=\frac{179.245(107.5)^3}{2}-\frac{[(13749.96)(107.5)}{2}-1.635\frac{(107.5-504)}{24}$$

EIV^= 37018 *10.6 -79.44*10.6- 0.74469.10.6

EIV^= 513.4*10.6

E = 207.10³N/mm²

$$I=\frac{b.d^3}{12}=\frac{230(100)^3}{12}=19.17.10.6\ mm4$$

E.I =3967.5 .10.9 V^

V^ = 1.29.10.-4mm

وهو يمثل اعلى انحراف فى العارضة :-

$$Ó/y = M/I \quad _____(3\text{-}32)$$

حيث ان :-

Ó ≡ الأجهاد المسموح به

Y≡ المسافة بين حد التعادل ومعدل الأنحناة

M≡ االعزم

I ≡ العزم الثانى للمساحة

46.67/y = 513.4.10.6/19.17.10.6

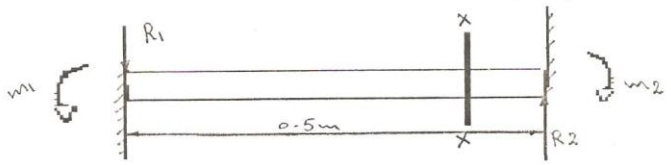
y =0.57339968mm

t= 2y

t= 101467mm

وهو اقل سمك مسموح به لتحمل الأجهاد المعطى وقد تم استخدام قاعدة بسمك 5mm

تصميم العارضات:-



باعتبار ان العارضة مصنوعة من الفولأذ :-

$Oy = 280\ MN/m^2$

$M = EI \frac{d^2v}{dx^2}$

$E = 270 * 10.$

$\frac{0.52 * (0.1)}{12} = 4.3.10.-5m4$

$I = 250(100)^3/ 12 = 43*10.6mm4$

$EI = 207 *10.9 * 43*10.6=8.901*10.18$

$EId^2v/dx^2 = 8.835*10^3x - R_1x - m$ _____(a)

$EIdv/dx=\frac{8.835*10^3x^2}{2} - \frac{R_1x^2}{2} - m_1x+A$ _____(b)

$EIv=8.835*10^3x^3 - R_1x^3 - m_1x^2 + Ax+B$_____(C)

فى بداية العارضة :

X=0 dv/dx =0 v=0

من المعادلة (b) ← A=0

من المعادلة (C) ← B =0

فى نهاية العارضة :-

dv/dx=v=0

x=0.52m

$0=8.835*10^3(0.52)^2 - \frac{R_1(0.52)^2}{2} - 0.52m_1$ _____(d)

$0= \frac{8.835*10^3(0.52)^3}{6} - \frac{R_1(0.52)^3}{6} - \frac{(0.52)^2m_1}{2}$

$= 1194.492 - 0.1352R_1 - 0.52m_1$ _____(f)

$0=207 - 0.02343R_1 - 0.1352m_1$_____(g)

بضرب المعادلة (f) فى 0.1352 ←

$0 = 161.5-0.018R_1 - 0.07m_1$

بضرب المعادلة(g) فى 0.52 ←

$0= 107.64 - 0.01218R_1-0.07m_1$

بطرح المعادلتين (f) من (g) $0=53.86-5.82*10^{-3}R_1$

$5.82*10^{-3}R_1=53.86$

$\therefore R_1 =9.254$ KN

$R2 =419$ N

$m=-79.6$N.m

أقصى انحراف يحدث عندما

$dv/dx=V\hat{}=0$

من المعادلة (b) ←

$$0= \frac{8.835x^2}{2} - \frac{925X^2}{2} + 79.6x$$

$0 = 4417.5\ x^2+ 4627x^2+ 97.6x$

$209.5x^2 + 79.6x=0$

$x^2- 0.46587x=0$

$x- 0.46587 =0$

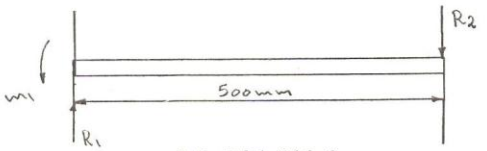
$\therefore x=0.46587$m

$$EI\ V\hat{}=8.835 *10^3\ (0.47)^3- \frac{(9.254 * 10^3*(0.47)^3)}{6} + \frac{79.6\ (0.47)^2}{2}$$

$148.8856 - 15.95+8.79182$

$\frac{2.901*10.18}{1.72742 *10.18} = 5.15$ mm

وبما ان الاشارة موجبة فان الأنحراف يحدث ألى أعلى



من جدول ماكولى :

$$M=EI\frac{d^2v}{dx^2}$$

$$EI\frac{d^2v}{dx^2}=419x-R_1-m_1 \quad \text{_____(a)}$$

$$EI\frac{dv}{dx}=\frac{419x^2}{2}-\frac{R_1x^2}{2}-m_1x+A \quad \text{_____(b)}$$

$$EIv=\frac{419x^3}{6}-\frac{R_1x^3}{6}-\frac{m_1x^2}{2}+Ax+B \quad \text{_____(C)}$$

فى بداية العارضة :

$$\frac{dv}{dx}=v=x=0$$

وبالتعويض فى المعادلة (b) ← $A=0$

وبالتعويض فى المعادلة (C) ← $B=0$

فى نهاية العارضة

$$\frac{dv}{dx}=v=0$$

$$x=0.5m$$

بالتعويض غى المعادلة (b) ←

$$EI\frac{dv}{dx}=\frac{419(0.5)^2}{2}-\frac{R_1(05)^2}{2}-m_1*0.5$$

$$0\ 25.375-0.125R_1-0.5m_1 \quad \text{_____(d)}$$

بالتعويض فى المعادلة (C) ←

$$0=\frac{419*(0.5)^3}{6}-\frac{R_1(0.5)^3}{6}-\frac{m_1(0.5)^2}{2}$$

$$0=8.729-0.02083R_1-0.125m_1 \quad \text{_____(e)}$$

بضرب المعادلة(e)*0.125 ←

$$0=6.546875-0.0156R_1-0.0625m_1 \quad \text{_____(f)}$$

بضرب المعادلة (f)*05 ←

$$0=4.3645-0.010415R_1-0.0626m_1 \quad \text{_____(g)}$$

بطرح المعادلتين (g) من (f)←

$$6.546875-0.015685R_1-0.0625m_1$$

$$4.3645-0.010415R_1-0.0625m_1$$

$$2.182375-5.27*10^{-3}R_1$$

$$5.27*10^{-3}R_1=2.182375$$

$$\therefore R_1=414N$$

$R2=5N$

$\therefore m_1=35.76N.m$

اقصى انحراف عندما يكون الميل يساوى صفر

بالتعويض فى المعادلة b←

$$0=\frac{419x^2}{2}-\frac{414x^2}{2}-35.76x$$

$$0=209.5x^2-207x^2-35.76x$$

$$0=2.5x^2-35.76\,x^2$$

$$0=2.5x-35.76$$

$$\therefore x=14.3mm$$

بالتعويض فى معادلة الأنحراف المعادلة (c)←

$$EIv=\frac{419*0.0143^3}{6}-\frac{4140.0143^3}{6}-\frac{35.76*0.043^2}{2}$$

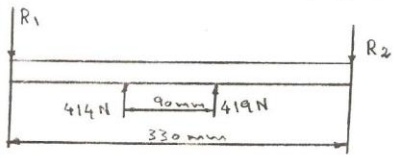
$$=4.06225*10.^{-3}$$

$E=207*10.9N/mm^2$

$I=b.d^3/12=500*100^3/12=41.67*10.6mm4$

$V\hat{}=4.709mm$

(3-1-4)تصميم العمود :-



$330R_1 = 414*210+419*120$ _____(3-34)

$\therefore R_1 = 415.82N$

$R2 = 417.18N$

$Eid^2v/dx^2 = 415.82x+414(x-0.12)+419(x-0.21)$

عند $x=0.12$

$M=-87.608N.m$

عند $x=0.21$

$M=-49.61N.m$

$d.= \frac{16}{\Pi*Ss}\sqrt{(k((m)n)^2)}$ _____(3-34)

بما ان العمود بدون مجرى فان Ss=

$Ss= Oy*0.18$_____(3-35)

افرض ان العمود مصنوع من الفولأذ المدلفن على الساخن :-

$Oy = 380MN/m^2$

$Ou = 590MN/m^2$

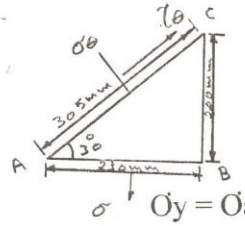
$Os = Ou\ 0.3 = 590*0.3 = 177MN/m^2$_____(3-36)

$Ss = Oy\ 0.18 = 380*0.18 = 64.4MN/m^2$

$d= \frac{16}{\Pi*64.4*10.6}\sqrt{(1.5*87.608)^2}$

$\therefore d=22mm$

وقد تم اختيار عمود بقطر 40mm



(3-1-5) تصميم المثلث الناقل للقدرة :-

افرض ان المثلث مصنوع من الفولأذ mild steel

$\sigma all=280MN/m^2$

افرض ان عامل الأمان (6)

$\sigma y = \sigma all/F.S=280/6=46.7MN/m^2$

افرض الطول =230mm

" الأرتفاع =200mm

$A=\frac{1}{2}*h.R$ _____ (3-37)

حيث ان

A≡ المساحة

h≡القاعدة

R≡ الأرتفاع

$A= \frac{1}{2}\ 230*200=0.023m^2$

لأيجاد الأجهاد فان

$\sigma=F/A= 8.835*10^3/0.023=384.13KN/m^2$

بما ان الأجهاد المتولد اقل من المسموح به فان التصميم صحيح.

بما الشكل يميل بزاوية (30°)فانه لأبد من تحليل الأجهادات الدافعة عليه بتحليل القوى فى أتجاه قائم على المستوى المائل :-

$\sigma\theta\ (A.C) =\sigma\ (A.B)\ \cos\theta$

$\sigma\theta = \sigma(\underline{AB})\ \cos\theta$

$A.C$

$\therefore\ \sigma\theta= \sigma\cos^2\theta$ _____ (3-38)

$\frac{A.B}{A.C} =\cos\theta$

بتحليل القوى فى الأتجاه الموازى للمستوى المائل

$\zeta\theta\ (A.C)= \sigma(A.B)\ \sin\theta$

$\zeta\theta=\sigma(\underline{A.B})\ \sin\theta$

$A.C$

$\zeta\theta = \sigma\cos\theta*\sin\theta$

$\therefore \zeta\theta= \frac{1}{2}\sigma\sin2\theta$ _____(3-39)

بالتعويض فى المعادلة (3-38) نجد ان :-

$\sigma\theta= 384.13\ \cos^2 30= 288.1KN/m^2$

بالتعويض فى المعادلة (3-39) نجد ان

$\tau\theta=\frac{1}{2}*\sigma\sin2\theta$

$\tau\theta=\frac{1}{2}*384.13\sin60=166KN/m^2$

$$\sigma r = \sqrt{(\tau\theta^2+\sigma\theta^2)} \quad \text{(3-40)}$$

$$\sigma r=\sqrt{(166^2+288.1^2)} =332.5KN/m^2$$

$$\sigma/y =M/I \quad \text{(3-41)}$$

$$\frac{46.7*10.6}{y} = \frac{M}{I}$$

$$I= b.h^3/36=0.23*0.2^3/36 =5.1*10.5m4$$

$$M=8.835*10^3*0.3005=2694N.m$$

$$\frac{46.7}{y} = \frac{2694.675}{5.1*10\text{-}5}$$

$$y= 0.88577mm$$

$$t=2y=1.7715mm$$

(3-1-6) القوى المسلطة على العارضة هى القوى المسلطة على الحل المثلث وبما ان المثلث مائل بزاوية (30°) فان F يمكن حسابها من المعادلة :-

$$F=F_1 \sin 30 \quad \text{(3-42)}$$

$$F_1 =8.8358*\sin 30= 4.4175KN$$

$\sigma y= 360MN/m^2$ افرض ان العارضة من الفولاذ المدلفن على الساخن

$$\sigma=F/A \quad \text{(3-43)}$$

افرض ان

$$b =310mm$$

$$d=6mm$$

$$\therefore A=0.31*0.006=1.86*10\text{-}^3m^2$$

$$\sigma=4.4175*10^3/1.86*10\text{-}^3 =2.375MN/m^2$$

بما ان الاجهاد المتولد اقل من المسموح به اذا الأفتراض صحيح

$$\sigma/y= M/I \quad \text{(3-44)}$$

$$M=EId^2v/dx^2=4.4175*10^3x \quad \text{(3-45)}$$

$$M=4.4175*10^3 *310= 1369425N.mm$$

$$I= b.d^3/12 \quad 310*6^3/12 =5580mm4$$

$$\therefore y=\frac{360*5580}{1369425} =1.466893mm$$

$$\therefore t=2y=2.933786mm$$

(3-1-7) تصميم التروس :-

القوى المسلطة على التروس

$F=4.4175KN$

الترس الصغير مصنوع من الفولأذ الصلب

$So=140MN/m^2$

الترس الكبير مصنوع من الحديد الزهر

$So=55MN/m^2$

عدد أسنان الصغير =18

عدد اسنان الترس الكبير= 54

زاوية ضغط الترس = 20°

Soy	y	So	N	
	0.098	140	18	الترس الصغير
13.75				
7.282	0.1324	55	54	الترس الكبير

∴ الترس الكبير هو الأضعف

من معادلة لويس للاقطار غير المعلومة

$$\sigma = \frac{2Mt}{K*\pi^2*m^3*Y*N} \qquad (3\text{-}46)$$

$$Mt = P/w$$

$$Mt = P/2\pi*1 = 4.4175*10^3/2\pi = 703.1N.m$$

نفرض ان

$$S = \frac{1}{2}So$$

$$S = \frac{1}{2}*55 = 27.5MN/m^2$$

نفرض

$$K=4$$

$$\sigma = \frac{2*703.1}{4\pi^2*m^3*0.1324*54}$$

$$27.5*10.6 = 4.89/m^3$$

$$m=5.658$$

$$m=6$$

من جداول التروس

$$Dy=6*18=108mm$$

$$Dp=6*54=324mm$$

$$V=\pi.D.N=\pi(.324)*1=1.017876m/sec$$

لأيجاد الأجهاد المسموح به لأنV اقل من 10 فان

$$S=So\left[\frac{3}{3+V}\right] \quad \text{_____(3-48)}$$

$$S=55*10.6*\left(\frac{3}{3+1.017876}\right) = 41MN/m^2$$

الأجهاد المتولد

$$S=4.98/m^3= 4.98/0.006^3 =23MN/m^2$$

بما ان الجهاد المتولد اقل من المسموح به فان الترس متين

$$K= 4(S_1/S2) \quad \text{_____(3-49)}$$

حيث ان

S_1 ≡ الأجهاد المتولد

S2≡ الاجهاد المسموح به

K≡ ثابت

$$K= 4*(23/41)=2.24$$

∴ عرض السن b

$$b=KJIm \quad \text{_____(3-50)}$$

$$b=2.24JI*6 =42mm$$

من جداول التروس

20 ° Full Depth

طرف السن =6mm

اقل عمق =6*1.157=7.05mm

العمق الكلى = 2.157*6=12.942mm

الخلوص =0.157*6=0.942MM

لايجاد الحمل المسموح به للترس w

$$Fo=So.b.y.m.JI \quad \text{_____(3-51)}$$

$$Fo =55*10.6*0.042*0.1324*JI*0.006=5819.75N$$

$$Fd = \frac{21V(bc+F)}{21V+\sqrt{(bc+F)}} + F \quad \text{_____(3-52)}$$

$$F=2Mt/Dp=2*70^3/0.324=4339N$$

من الجداول

$$C=79*10^3$$

$$Fd=\frac{21*1.01789(0.042*79*10^3+4339)}{21*1.01789*\sqrt{(0.042*79*10^3+4339)}} + 4339$$

$$\therefore Fd = 5615.24N$$

بما ان Fo اكبر من Fd

$$Fw = D*b*p*k*Q \quad \text{_____} \quad (3\text{-}53)$$

$$Q = \frac{2N*g}{Np+Ng}$$

$$\frac{2*18}{54+18} = 0.5$$

K من الجداول $414*10^3 N.m$

$$Fw = 0.324*0.042*1372*10^3*0.5 = 9335N$$

(3-1-8) تصميم العمود:-

صمم العمود من الفولاذ المدلفن على الساخن

$$O_{all}=360MN/m^2$$

$$mt=\frac{4.4175*10^3}{2JI*1}=703N.$$

بالنسبة للترس

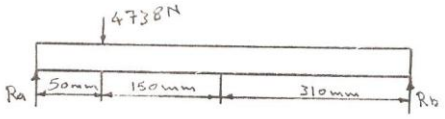
$$Mt=Ft*r \quad \text{(3-54)}$$

$703=Ft*0.054 \rightarrow$ ناحية اليمين

$$Fr=Ft.Tan\ \theta \quad \text{(3-55)}$$

$$Fr=Ft.Tan20$$

$$Fr=13.0185*10^3.Tan20=4738N$$



$$510R_1=4738*460$$

$$R_1=4273.5N$$

$$R2=464.5N$$

$$EId^2y/dx^2=M=4273.5x-4738*(x-0.05)$$

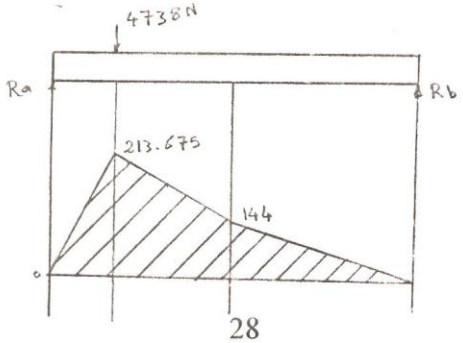
عند $x=0.05$

$$M=213.675N.m$$

عند $x=0.2$

$$M=144N.m$$

بما ان العمود لأيحتوى على مجارى للخابور فان



$$\sigma = \sigma u * 0.18$$

$$\sigma = 550 * 10.6 * 0.18 = 108 MN/m^2$$

$$\sigma s = 99 MN/m^2$$

$$d = \frac{16}{\Pi * (99 * 10.6)} \sqrt{(1.5 * 213.675)^2}$$

$$d = 25.4mm$$

وهو عبارة عن قطر العمود المناسب

(3-1-9) لأختيار المحمل فاننا نصمم على اكبر رد فعل

$$Fr = R = 4273$$

$$Po = XoFr + YoFa \quad \text{_____(3-56)}$$

$$Fa = 0$$

وذلك لأن الحمل المحورى يساوى صفر

$$Po = 0.6 * 4273.5 = 2564.1N$$

بما ان Po اقل من Fr اناخذ

$$Po = Fr$$

الحمل ألأستاتيكى التقديرى

$$Co = So * Po \quad \text{_____(3-57)}$$

حيث

So≡ عامل التحميل الأساتيكى

نفرض عامل التحميل ألاستاتيكى =2

$$Co - 2 * 423.5 - 854.7N$$

الحمل الديناميكى المكافى

$$P = rx * Fr + yFa \quad \text{_____(3-58)}$$

$$Fa = 0$$

بما ان الحلقة اللخارجية فى حالة دوران فان

$$r = 1.2, \qquad y = 0$$

$$Fa / w = 0$$

$$Fa / VFr < 0 \quad \text{_____(3-59)}$$

$$X = 0 \quad , \qquad X = 1$$

$$P = 1 * 4273.5 = 4273.5$$

افرض ان عامل التحميل الديناميكى 1.2

$$P = 1.2 * 4273.5$$

نفرض ان المحمل كروى

$$a = 3$$

نفرض ان العمود يدور ستة ساعات فى اليوم و300يوم فى السنة والعمر الأفتراضى عامان

$$L=1*6*300*2*60=0.216000*10.6rev/min$$

$$L=(c/P)^a \quad \text{(3-60)}$$

$$0.216=(c/5128.2)^3$$

$$\therefore c=3076.92N$$

من جداول S.K.F وعند القطر 25mm

Co=1960

C=3180

رقم المحمل =(61805)

(3.2) التصنيع والتجميع :-

3.2.1 المكبس :- تمت صناعته بخرط عمود من الفولاذ منخفض الكربون الى قطر وطول معلومين ، ايضا من نفس المادة تمت خراطة عمود الكباس ووضعت جلبة داخل اسطوانه بقطر خارجى وداخلى معلومين وهى مصنوعة من الحديد الزهر وقد وضع مانع للتسريب بين الكباس والاسطوانه كما وضع ياى مصنوع من الفولاذ منخفض الكربون على عمود الكباس وذلك لامتصاص الصدمات هذا الياى بقطر معلوم وعدد من اللفات محددة كما تم وضع بنز وحلقة صغيرة لاحكام الياى ووضعت جميع الاجزاء داخل اسطوانه الحديد الزهر وضعت أربع مسامير من الفولاذ لتثبيت الجهاز على قاعدته .كما موضح ذلك فى الشكل (١)

3.2.2 العارضات :-

تم تركيب عارضات بسمك وابعاد معلومة هذة العارضات مصنوعة من الفولاذ كما فى الرسم (2) وتم عمل وصلة بين راس الكباس والعارضة بواسطة بنز بقطر معلوم كما تمه ثقبها وتثبيت مسمار لتثبيت كفات من الصاج بقطر وسمك معلوم (4mm) كما فى الشكل (3) تثبت العارضة على عمود بقطر وطول معين وهذا العمود مثبت على قوائم كما فى الشكل (4) وتم لحام العارضة المائلة مع عارضة افقية بطول وسمك وعرض معلوم وثبتت فى نهايتها ماسورة بقطر داخلى وسمك معلوم وتم تثبيتها بمسمار بقطروهذه الماسورة وضعت عليها الكفة الاخرى والتى تم إختيارها بسمك 4mm وذلك لتحمل الاجهاد الواقع عليها عند التفوير .كما يوضح ذلك الرسم (2) .

3.2.3 المثلث الناقل للحمل والتروس :

تم تركيب مثلث ناقل بزاوية (30°) وتم إختيار صاج بسمك 4mm وطول (230mm) وإرتفاع (20mm) وقد تم لحام عموديربط بين الصاجين بقطر (30mm) وتم إختبار المادة للعمودمن الفولاذ mild steel وقدتم عمل ثقب على العمود ووضع جلبه من النحاس ثبتت بواسطةمسمار لتثبيت العارضة المائلة بزاوية (60) بسمك (4mm) وطول (310mm) العارضة تم إختبار مادتها من الفولاذ والتى تعمل على نقل الحركة الى التروس تم تثبيت العارضةالمائل مع الترس الكبير بمسمار وقد تم إختبار الترس الكبير من الفولاذ (الصلب) وعدد أسنانه 56 سنه وفى حالة التشغيل فأن الترس الكبير يدور ⅓ لفة من دورته كاملة ، وقدعشق هذا الترس مع ترس صغير عدد اسنانه 18 سنه مصنوع من الفولاذ (الصلب) الذى تم تركيبة بواسطة مكبس على عمود قطرة (38mm) تمت خراطته مع العلم ان القطر الداخلى للترس (38.1mm) وقد تم تثبيت العمود من اسفل بواسطة صاجه سمكها (5mm) ثم لحامها بين القائمين وتم ثقبها فى المنتصف ثقب يسمح بحركة العمود بسهولة عند الدوران .

كما تم تركيب بلى على العمود ووضع البلى على قاعدة حيث تم لحام قاعدة البلى مع مقعد او حامل الاطار الذى يراد تفويرة .حامل الاطار يكون فى شكل بيضاوى من اعلى ومستطيل من اسفل وتم لحام الاجزاء مع بعضها البعض بطول (300mm) وعرض (200mm) وسمك (4mm) وتم تكسيحها كما فى الرسم (٤) .

3.3 التركيب :-

لعملية التجميع لابد من البداية الاولية بالقاعدة والتى تتحمل الاحمال الواقعة عليها وقد تم إختيارها بطول 1300mm وعرض 750mm وإرتفاع 50mm وسمك 5mm يتم لحام قوائم على طرفى القاعدة بعد ان تم ثقبها الى قطر 43mm على إرتفاع 150mm من القاعدة ، الطول الكلى للقائم750mm يتم تركيب العارضة المائلة ويتم تثبيتها مع عمود الكباس بواسطة مسمار بزاوية 60° وتلحم عليها العارضة الاخرى ويتم تثبيتها بواسطة العمود على القائم بواسطة تيلة ليتم فكه فى حالة الاعطال .

على العارضة المائلة تم لحام مثلث بطول 230mm وإرتفاع 200mm وسمك تقليل الإجهاد ات وفى اعلى المثلث وللتدعيم تم لحام عمود دائرى وتم ثقبه لتثبيت العارضة الناقلة للقوة من المثلث الى الترس الكبير التى تثبت بواسطة مسمار مع الترس الكبير .

الترس الكبير تم تثبيته مع قاعدة تم لحامها فى المسافة بين القائمين بطول 340mm وعرض 100mmوتم ثقبها لتثبيت الترس بواسطة مسمار يتم ربطه مع القاعدة التى يضع عليها الاطار فى الاعلى .

يتم تعشيق الترس الكبير مع الترس الصغير الذى تم تركيبه على عمود بقطر 25mm وطول 510mm والعمود تم تثبيته من اسفل بواسطة عارضة لحمت بين القائمين بطول 34mm وسمك 10mm وتم ثقبها الى ثقب بقطر 25.4mm وتم تثبيت العمود من اعلى مع القاعدة التى يوضع عليها الاطار بواسطة محمل بقاعدة تم لحام قاعدته مع قاعدة الاطار .

تم فلطحة العمود من اعلى وذلك لتثبيت قاعدة التفوير التى يبلغ طولها 300m وعرضها 100mm وسمكها 5m m والعزم الواقع عليها 1.4214knm.

اما بالنسبة لاجهزة الهواء فقد تم امداد الهواء الى البلق ثم المرشح ثم المنظم ومنها الى جهاز قياس الضغط وكل هذه الاجهزة صنعت فى قاعدة واحدة وتم صنعها بواسطة شركات خاصة بها يتم تركيبها مع القاعدة الاصلية ومنها يخرج الهواء الى الخزان بواسطة مواسير نحاس تم تركيبها بعد وضع شريط مانع للتسريب ومنها وبواسطة مواسير نحاس اخرى تم تركيبها على صمام توجيه 2/3 مغلق فى الوضع العادى .يتم لف مواسير

النحاس بمانع للتسريب وتركب ماسورة اخرى الى المكبس ولكن قبل ان تصل الى المكبس يتم تركيب صمام بوابى ثلاثى الاتجاهات احد الابواب يركب الى صمام الافراج والاخر الى المكبس والثالث يكون خارج من صمام الادخال وتلف جميع المداخل والمخارج لمواسير النحاس بمانع للتسريب تركب ماسورة النحاس الداخلة للمكبس على كوع ½ بوصة الى داخل المكبس وعن طريق صمام التصريف والصمام المشترك يتم تفريغ الهواء من المكبس وعن طريق الذى يتم تركيبة على عارضة مائلة بزاوية 60° ويتم تثبيته على قاعدتة التى يبلغ طولها 23mm وعرضها 100mm وسمكها 3mm بواسطة 4 مسامير قطر كل منها 14mm ويتم تثبيت القاعدة بقطر 15mm لتثبيت المكبس عليها .

العمود من اعلى تمت فلطحته بوصسطة الحدادين الى طول (50mm) وسمك 10mm ليتم وضع خوصة افقية مائلة (اليبر) تعمل على فصل الايطار الخارجى عن الاطار الداخلى عن طريق ضغط الهواء هذه الخوصة بطول (300mm) وسمك 5mm هذه الخوصة تعمل على تحويل القوة الدائرية على عز م يقع على الاطار الماد تفويره كما يوضح ذلك الرسم (4)

3-2-4 الغطاء الخارجى :-

تم عمل اربعة قوائم بطول 750mm وسمك 5mm تم لحامها على القاعدة وثقبت بثقاب يدوى بقطر 10mm لتثبيت الصاجات الخارجية التى لها طول 1300mm وعرض (75mm)

وسمك 5mm وثبتت بواسطة مسامير مع القوائم الاربعة.

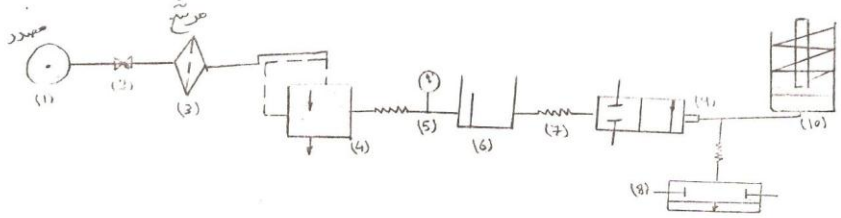
3-2-5 منظومة الهواء (الاجهزة المساعدة :-

تتكون من الصمامات وجهاز قياس الضغط والمرشح وكلها تم تصنيعها بواسطة شركات المتخصصة فى ذلك . حيث تم استخدام صمام بوابى ومرشح كما فى الرسم (7) ومنظم للضغط كما فى الرسم (8) وجهاز لقياس الضغط كما تم استخدام وعاء برميلى من الفولاذ بسمك (4mm) وقطر (150mm) وارتفاع (400mm) وفى نهايته تم عمل ثقب وكوع ½بوصة ليصل مواسير من النحاس مع صمامى التوجية وهى صمامات تحكم فى ادخال واخراج الهواء من الجهاز وهى ايضا اجهزة تمت صناعتها بواسطة شركات مختصة بذلك كما فى الرسم (9) التى تمرر الهواء المضغوط الى المكبس الذى قد وضع فى نهايته السفلى كوع ليساعد فى ادخال واخراج الهواء من المكبس .

الفصل الرابع

مواصفات ــ طريقة عمل الجهاز ــ الإختبارات ــ النتائج

4-1مواصفات الجهاز :-
1/ يعمل بالهواء المضغوط .
2/ يوفر قوة كبس مقدارها 35KN 8.8.
3/ الضغوط المسموح بها 5bar .
4/ سهولة تشغيل الجهاز.
5/ ذو تكلفة عالية .
6/ سهولة الصيانة .
7/ مصنوع من مواد عديدة يتم اختيارها على حسب اهمية الجزء وتعرضه للاجهادات
8/ تتوفر فيه جميع سبل السلامة والامان .
9/ القيام بعدد من المهام الاخرى .
4-2 طريقة عمل الجهاز :-
يحتو ى الجهاز على جزئن جزء يعمل بالهواء ليعطى قوة محددة والجزء الاخر يمثل ناقل لهذه القوة .
طريقة عمل منظومة الهواء.

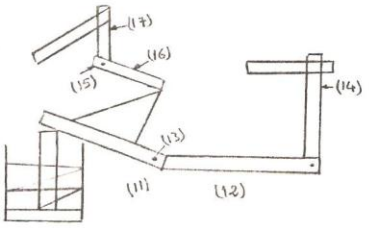


الشكل 4-2-1

الرسم اعلاه يوضح دورة الهواء المستخدم بحيث يقوم . المصدر (1) بامداد الجهاز بالهواء المضغوط المخزن او من ماكينات ضغط الهواء ضغط الهواء المباشر ويتم فتح الصمام (2) الذى يتحكم فى ايقاف او ادخال الهواء المضغوط للجهاز وبعد فتحصمام الادخال يدخل الهواء الى المرشح (3) والذى يعمل على تنقية الهواء المضغوط من الشوائب ويدخل الهواء صمام تصرف الضغط (4) الذى يستخدم للعدد من الاغراض منها :-
1/ تحديد ضغطالتشغيل على قيمة ثابتة قابلة للمعايرة .
2/ ضبط الحد الاقصى للضغط فى الشبكات .
3/تامين الشبكة ضد زيادة الاجهادات بسبب ا رتفاع الضغط اكثر من المسموح به

بعد تحديد الضغط وتامين المنظومة يدخل الهواء الى ساعة القياس وذلك للتاكد من كمية الهواء المضغوط على مؤشر قياس الضغط بعدها يدخل الهواء المضغوط الى خزان الشبكة والذى يعمل تخزين الهواء المضغوط وامداده الى الجهاز فى وقت الحوجة وذلك بامراره عبر وصلات من النحاس والتى وجد انها تتحمل هذ الضغط الى صمام 2\2 فى اخراج الهواء من الشبكة ويعمل على ارجاع الكباس الى الوضع العادى والذى يتم يه امتصاص الصدمات داخل المكبس (10) بواسطة ياى كما تستخدم بعض الحشاوى داخل المكبس لتفادى التسريب .

وفى حالة التشغيل يتم فتح صمام الادخال واغلاق صمام الاخراج للهواء المضغوط فى المكبس .وفى الجزء النا قل للقوة يتم النقل كما فى الشكل الاتى :-



الشكل 4-2-2

فوق زراع الكباس والذى يرتفع لمسافة فوق المكبس يثبت بواسطة بنز مع العارضة الافقية (11) والتى تكون مثبته مع عارضه اخرى افقية (12) والاثنان مثبتتان معاً بواسطة عمود الارتكاز (13) وقد وضعت العارضة مائلة وذلك لتقليل الاجهادات الواقعة عليها من القوة الصادرة عن الكباس وفى العارضة الافقية (12) تثبت ماسورة الى اعلى توضع فيها كفة (14) تعمل على ضغط الايطار الى اسفل . وفوق العارضة المائلة(11) يتم تثبيت مثلث مائل عليها وذلك لتفادى تسليط الاجهادات حيث يقوم بنقل الحركة الى التروس (15) بواسطة زراع مائل بزاوية°0 6وكذلك لتقليل الاجهادات المسلطة بعد نقل الحركة الى التروس والتى تعمل على تحريك العمود الراسى (17) والذى يوضع عليه اليبر وهو عمود مائل يعمل على فصل الايطار الخارجى عن الايطار الداخلى كل ذلك يتم فى شوط ادخال الهواء بحيث يكون الكباس فى النقطة الميتة العليا وفى شوط التفريغ يتم ارجاع كل العارضات الى وضعها الاول بحيث يتم تفريغ الهواء من المنظومة . تتبع الخطوات اعلاه فى كل حالة لتفوير ايطارات العربات حيث نجد انها طريقة سهلة وغير مكلفة.

فهرس المحتويات

الموضـــــوع		رقم الصفحة
الافتتاحيـــــة		I
إهـــــــداء		II
شكر و عرفان		III
الملخـــــص		IV
الفصل الأول		
المقدمة والأهداف		
1.1	المقدمة والهدف من المشروع	2
الفصل الثاني		
دراسة نظرية		
2.1	دراسة عن الهواء المضغوط	4
الفصل الثالث		
التصميم والتصنيع		
3.1	التصميم	7
3.1.1	تصميم الكباس	7
1	تصميم الاسطوانة	7
2	تصميم الكباس وذراع الكباس	11
3	تصميم مسامير التثبيت	12
4	تصميم الياي	14
5	تصميم البنوزة	15
3.1.2	تصميم قاعدة الإسناد للمكبس	16
3.1.3	تصميم العارضات الناقلة للحركة	18
3.1.4	تصميم عمود الإسناد للعارضات	22
3.1.5	تصميم المثلث النقل للقوة	23

3.1.6	تصميم العارضة الناقلة للقوة م المثلث للترس الكبير	24
3.1.7	تصميم التروس	25
3.1.8	تصميم العمود المثبت عليه الترس الصغير	28
3.1.9	تصميم المحمل للعمود	29
3.2	التصنيع	31
3.3	التجميع	32
الفصل الرابع		
مواصفات ـ طريقة عمل الجهاز ـ الاختبارات ـ النتائج والصيانة		
4.1	مواصفات الجهاز	34
4.2	طريقة عمل الجهاز	34
4.3	الاختبارات	35
4.4	النتائج والصيانة	37
الفصل الخامس		
تكلفة المشروع		
5.1	تكلفة المشروع	39
الفصل السادس		
الخاتمة والتوصيات		
6.1	التوصيات	41
6.2	الخاتمة	43
المراجع		
الملاحق		
ملحق (A) رسومات توضيحية		
ملحق (B) جداول التصميم		

الفصل الخامس

تكلفة المشروع

الصنف	السعر بالدينار
صاج ٢ لينية	٢٧,٠٠٠
صاج ½ ١ لينية	٢١,٠٠٠
زاوية ٣ لينية	٨,٥٠٠
كمر شكل u	٣,٠٠٠
عدد ٣ اعمدة بقطر ١ بوصة	٣,٠٠٠
خوص ٤ لينية	٤,٠٠٠
خوص ٣ لينية	٣,٠٠٠
زاوية ٤ لينية	٩٠٠
ترس فولاذ بقطر ٥٠ ملم	٣,٠٠٠
ترس حديد زهر بقطر ٢٤٠ملم	٢,٥٠٠
عدد ٢٤ مسمار بقطر ١٢ ملم	٦٠٠
عدد ١٢ مسمار بقطر ٨ ملم	٣٠٠
صاج ١ لينية ٧٥٠,٣٣٠٠ملم	٢٥,٠٠٠
سلندر (بريك) هواء	٥٤,٠٠٠
٢ صمام توجيه	٥٤,٠٠٠
بلف تحكم	٦٥.٠٠٠
مراسير نحاس ½ بوصة	٣,٠٠٠
مانع تسريب	١٠٠
٣ اكواع ½ بوصة	٣٠٠
٢ باكو لحام ١٠	١٨٠٠
اباكو لحام ٨	٢٥٠٠

٢ صفيحة منشار	١٠٠
ماسورة بقطر ٢ بوصة	٢٥٠٠
٢ علبة بوهية صغيرة	٦٠٠
١ فرشة بوهية	١٠٠
المجموع	٢٩٣,٤٠٠

الفصل السادس

الخاتمة والتوصيات

التوصيـــــــات:

بعد الانتهاء من تصميم وتصنيع الجهاز فان هنالك بعد التوصيات والتى نلخصها فى النقاط الاتية وذلك لضمان التشغيل بصورة افضل وهى :

1 / يجب مراعاة الضغط على مقياس الضغط ضمان للضغط القياسى 5bar

2/ فى حالة حدوث انفجار فى احدى مواسير النحاس فاننا نستعمل الصمام البوابى عند مدخل الجهاز .

3/ يجب استخدام شريط مانع للتسريب فى مناطق الاربط للاجهزة والمواسير للهواء لضمان عدم تسريب الهواء .

الخاتمـــــة:

قال تعالى :

((سبحان الذى سخر لنا هذا وما كنا له مقرنين وانا الى ربنا منقلبون))

صدق الله العظيم

تم بحمد الله تصميم وتصنيع جهاز تفوير اللساتك حسب المواصفات االتى ادت الى نتائج طيبة وهو بمثابة انطلاقه لافكار جديدة نتمنى ان تكون خيط مضئ لكل من اراد تطوير هذا الجهاز بامكانيات افضل وتكلفه اقل ليكون اضافة حقيقية لركب الصناعات فى الوطن وختاما نشكر هيئة سكك حديد السودان لما قدمته لنا من مواد واسكانيات وتسهيلات لاخراج هذا المشروع بصورته الحالية .

المراجـــــــــــع :

1/ دراسات للتعليم الفنى على الهواء المضغوط
كتاب الشرح من قسم الدراسا ت بشركة فستو

S.K.F /2

Machine design /3
by pavll H.Black
O.eugeneAams.jr

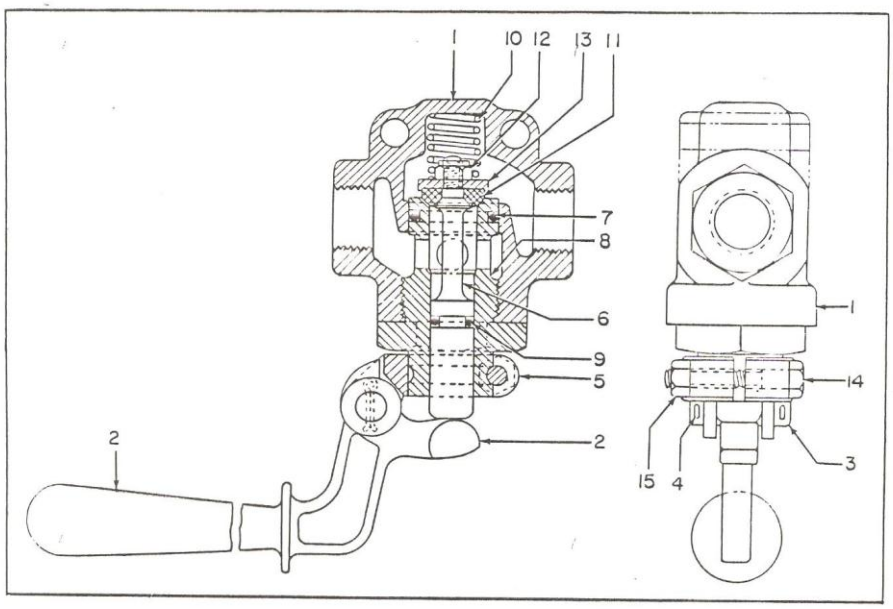
String th OF Matrial /4
Ryders

الملاحق

ملحق (A)

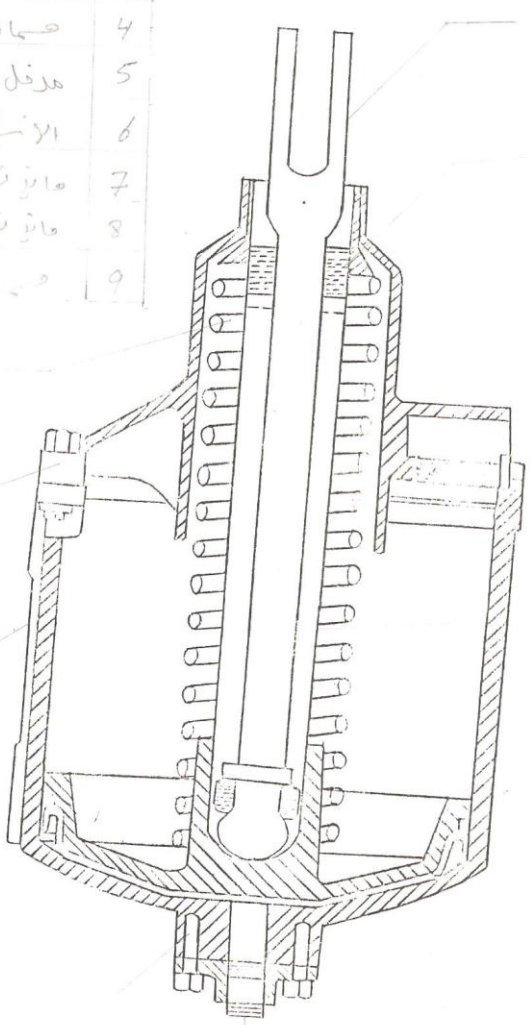
رسوم توضيحية

HORN VALVE

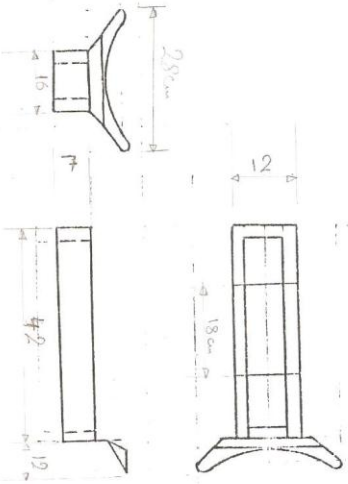


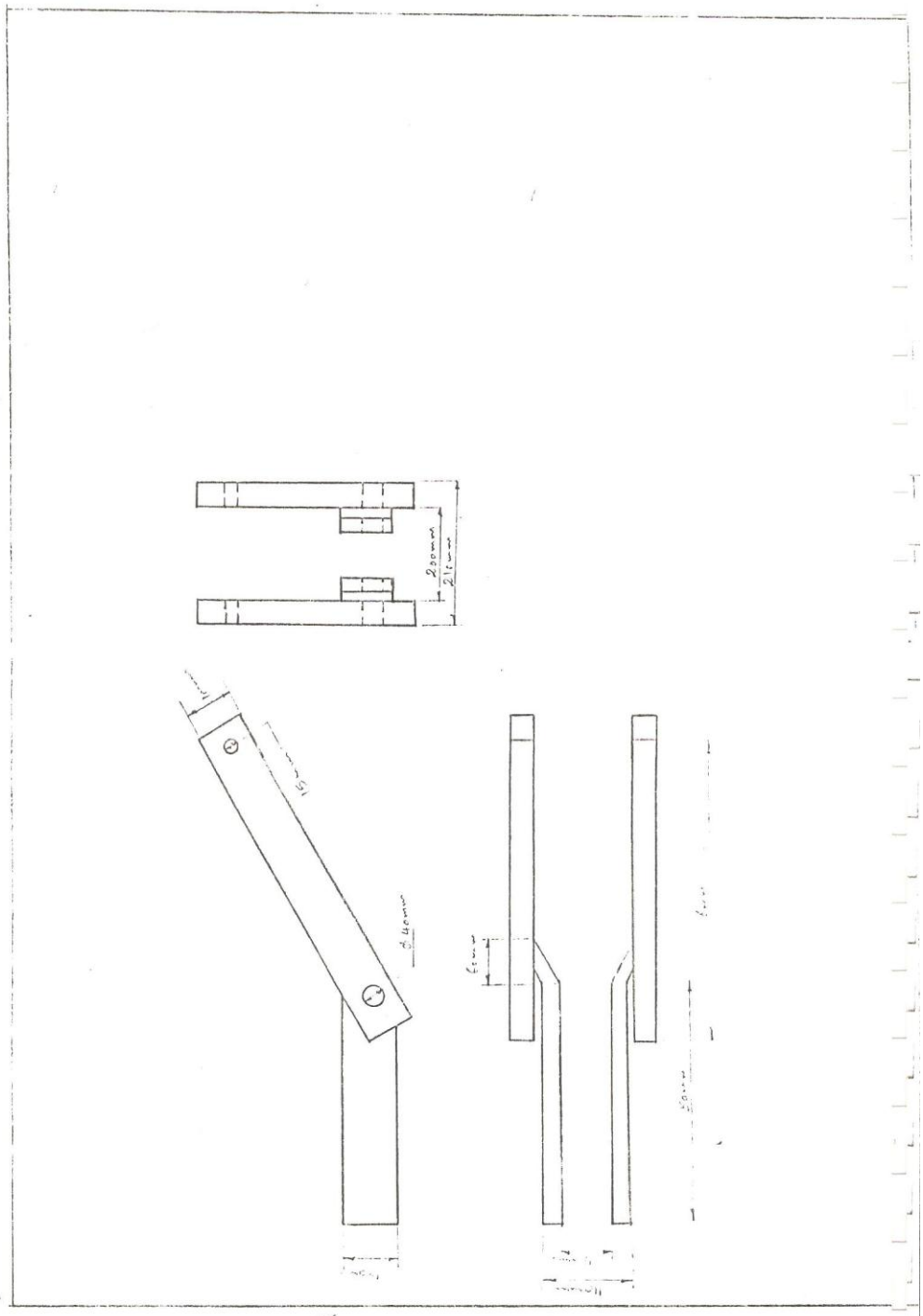
Ref. No.	General Electric Co. Part No.	Vapor Corp. Part No.	Quantity Required Column A	DESCRIPTION
	41B511153P2	16720091-02	1	VALVE, operating
1	1X3652	16730012	1	BODY
2	1X6137	16720030-02	1	HANDLE (RUBBER COVERED)
3	1X3548	16710006	1	PIN, handle
4	N503P908	- - - - - -	2	PIN, cotter, 3/32 in. by 1/2 in.
5	1X3557	16710009	1	FULCRUM
6	1X3546	16710004	1	VALVE STEM
7	1X6138	45528345-37	1	"O" RING
8	1X3545	16720003	1	SEAT
9	1X3550	45528345-63	1	"O" RING
10	1X5394	16710023	1	SPRING
11	1X3554	16710007	1	VALVE DISC
12	609X91	- - - - - -	1	NUT, 1/4 in.-28, hex., Elastic Stop Nut Corp. Pt. 21TE-048
13	1X3555	16710008	1	WASHER
14	N22P21024	- - - - - -	1	BOLT, 1/4 in.-20, 1 1/2 in., hex. hd.
15	N258P21	- - - - - -	1	NUT, 1/4 in.-20, hex.

1	زراع الكباس
2	ياى
3	الجسم الخارجى للكباس
4	صمام تثبيتا
5	مدخل البخار
6	الاسطوانة
7	مانع تسربا
8	مانع تسربا
9	صمام تثبيت

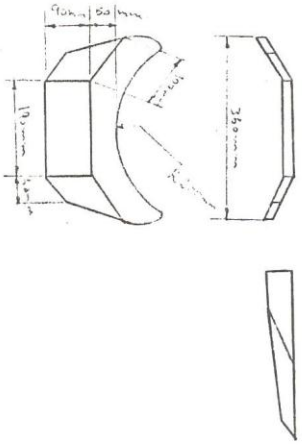


شكل (1)

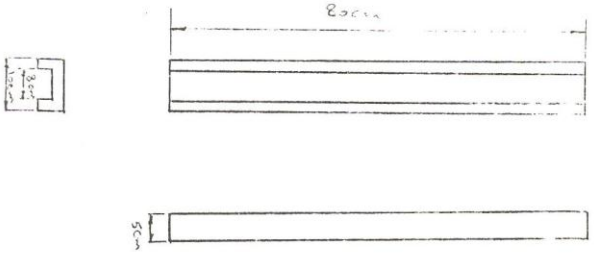

28cm
16
7
12
42
18cm
19

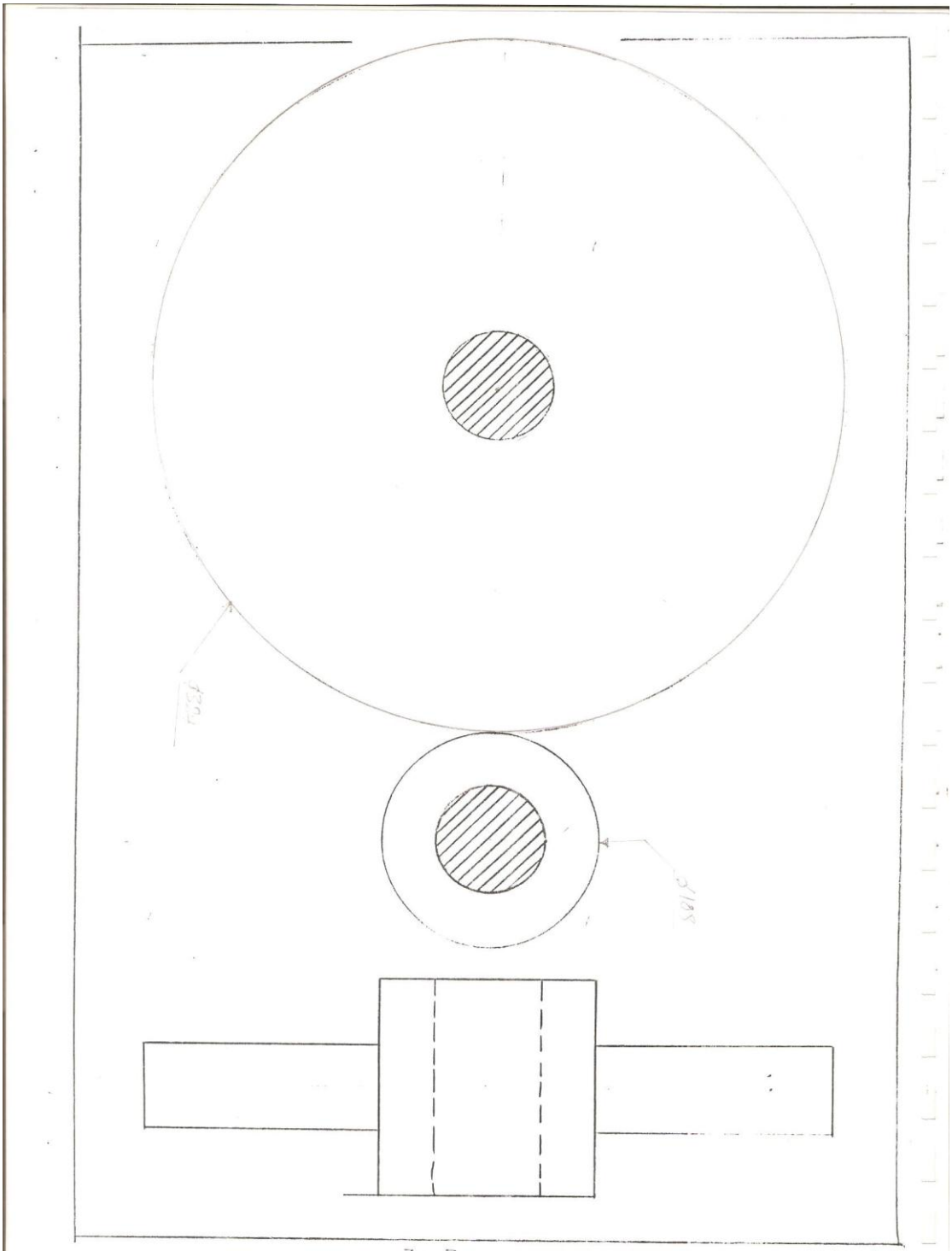


3-2

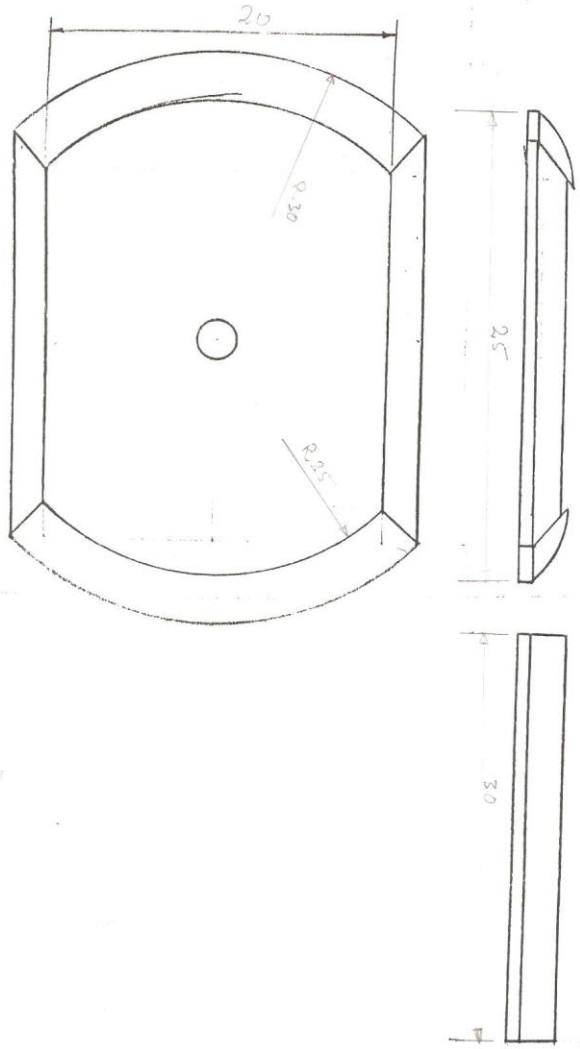


الرسم (3) 3-2

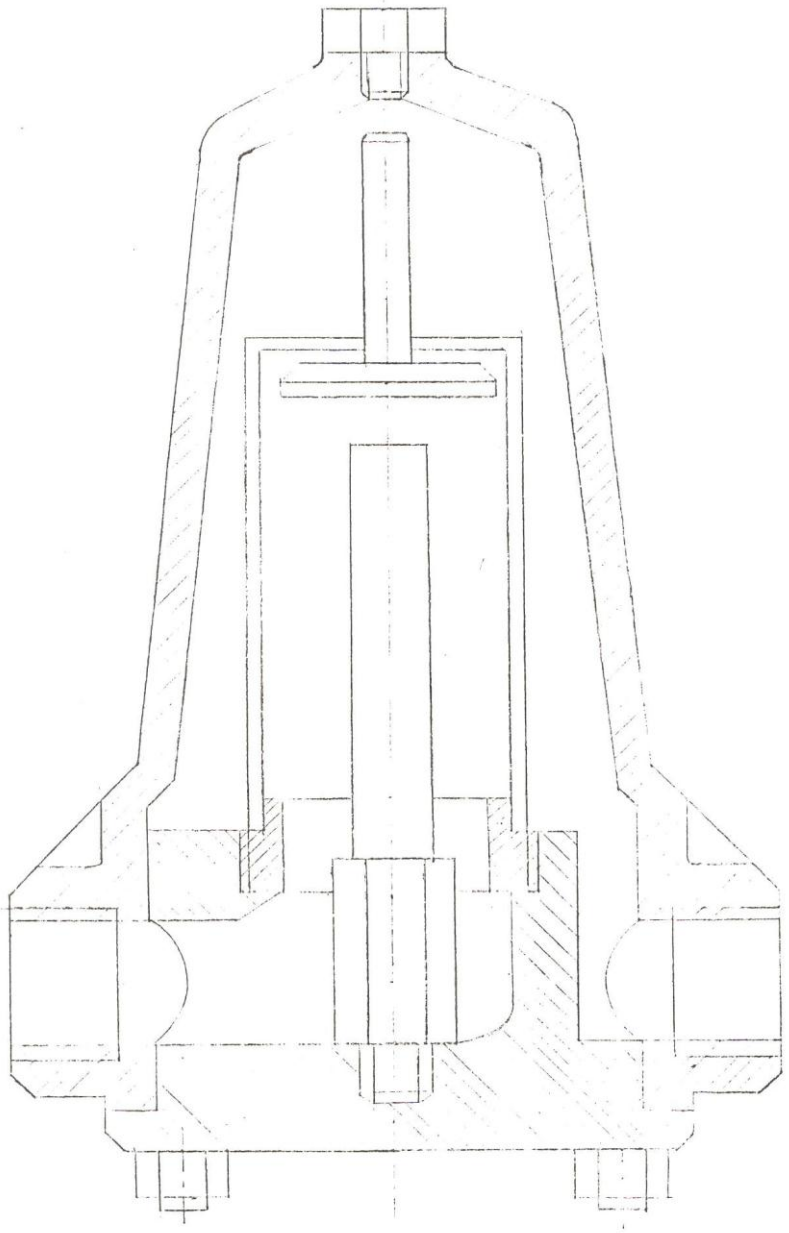

80cm
5cm



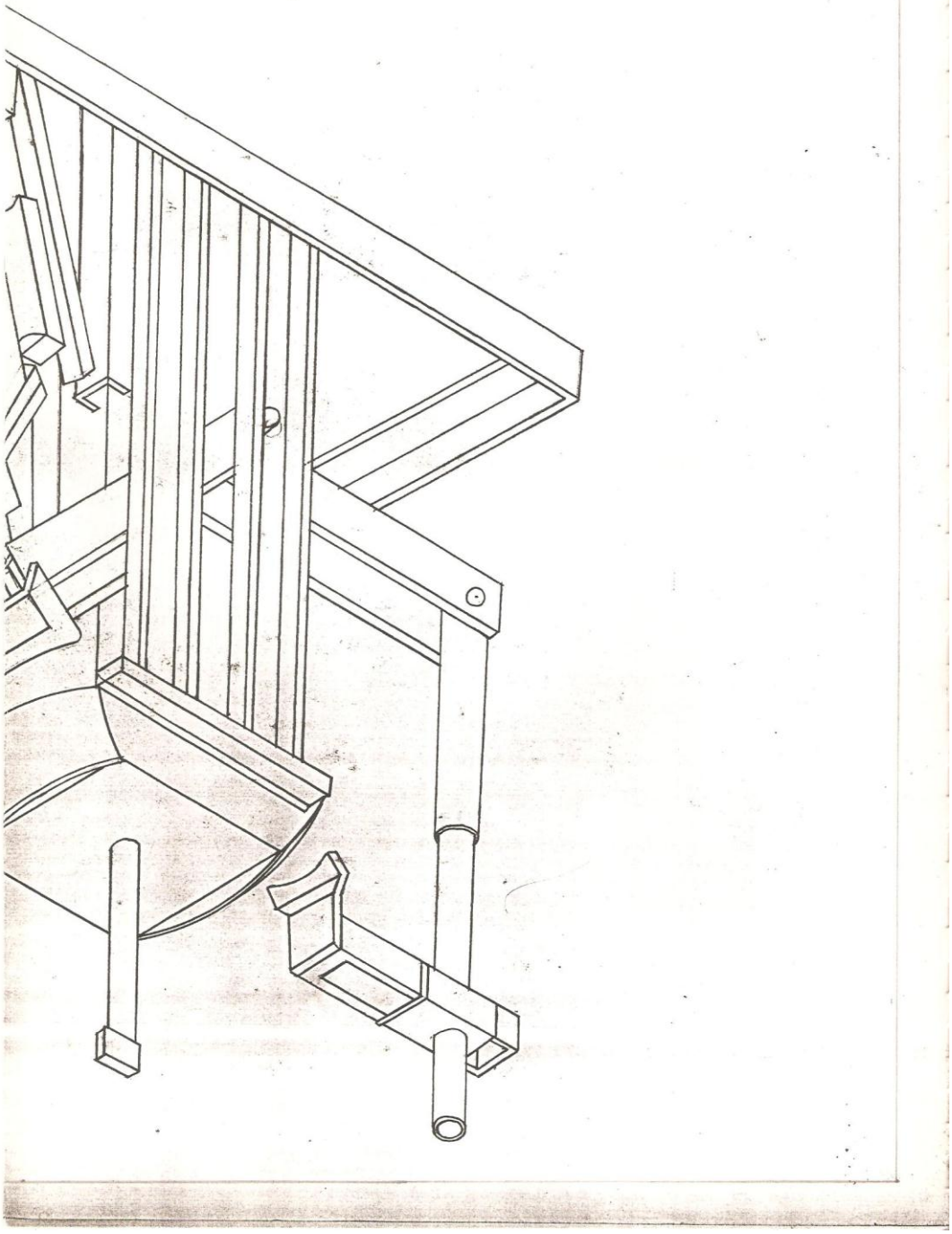
3-3

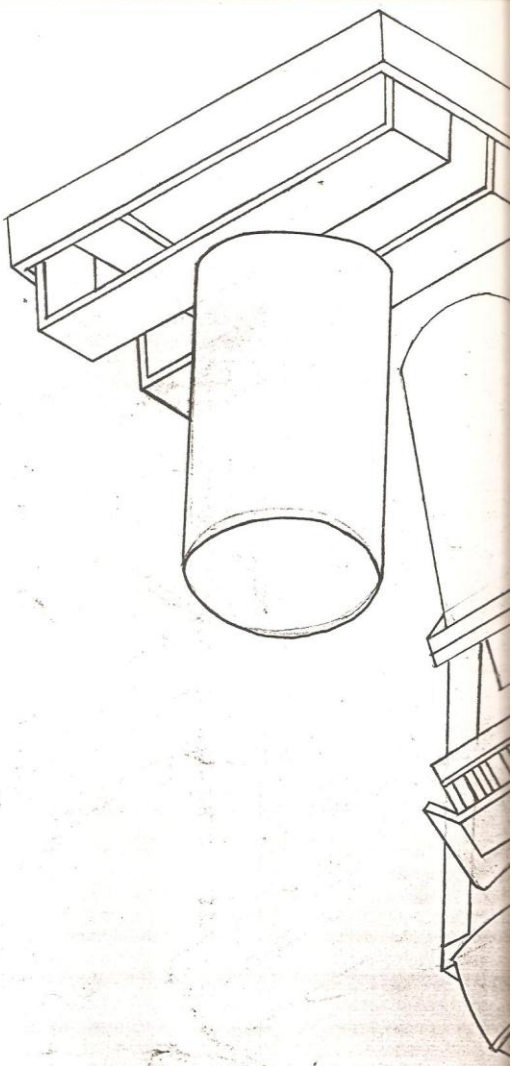


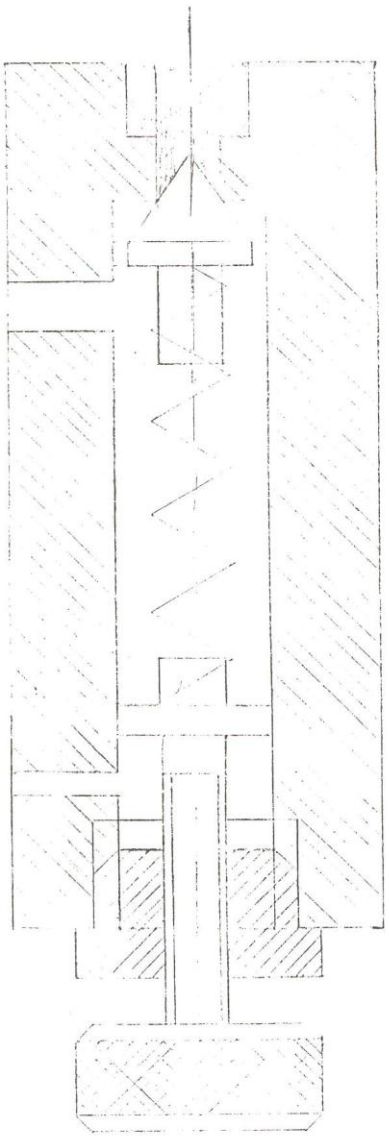
3-3

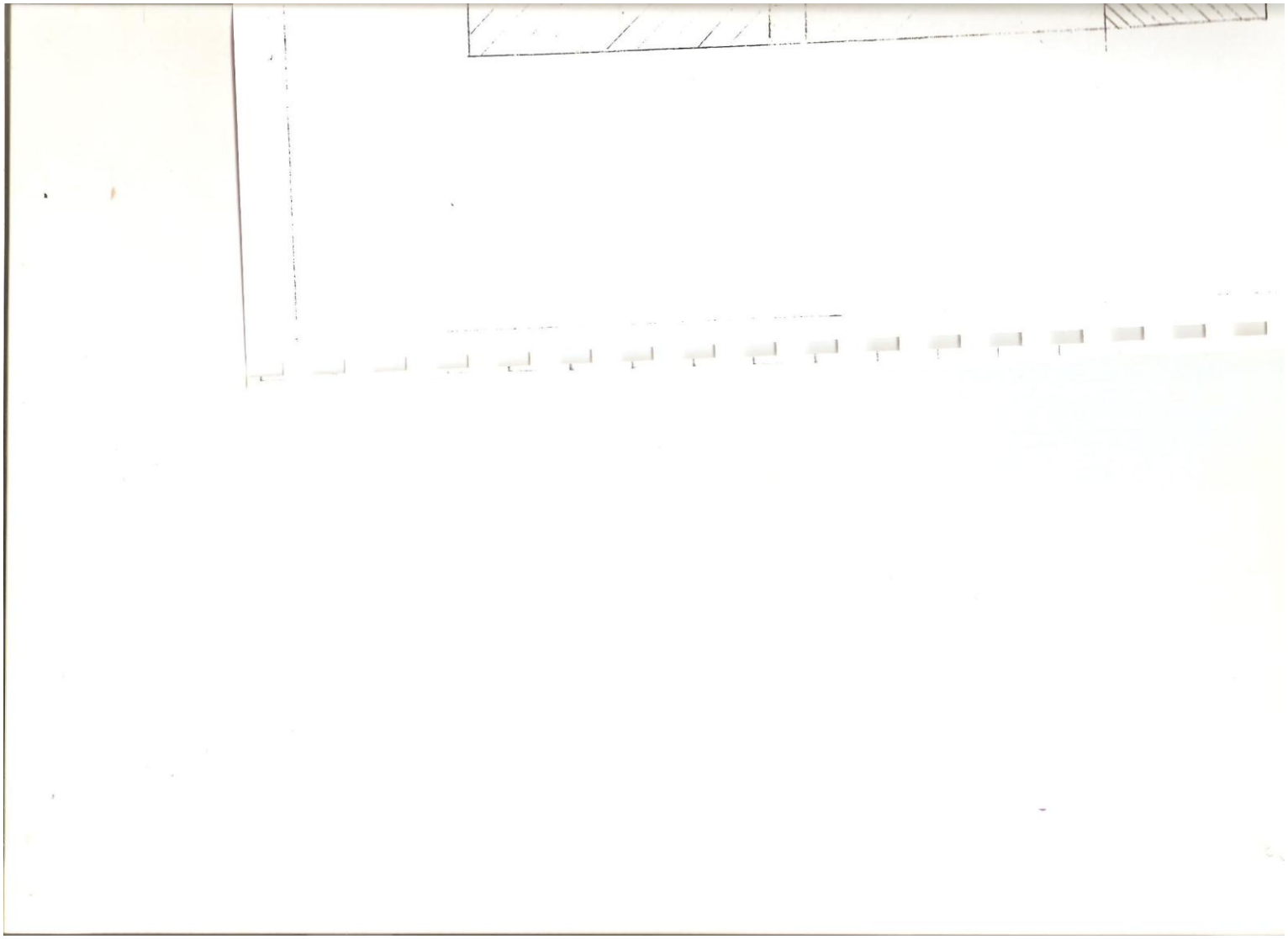


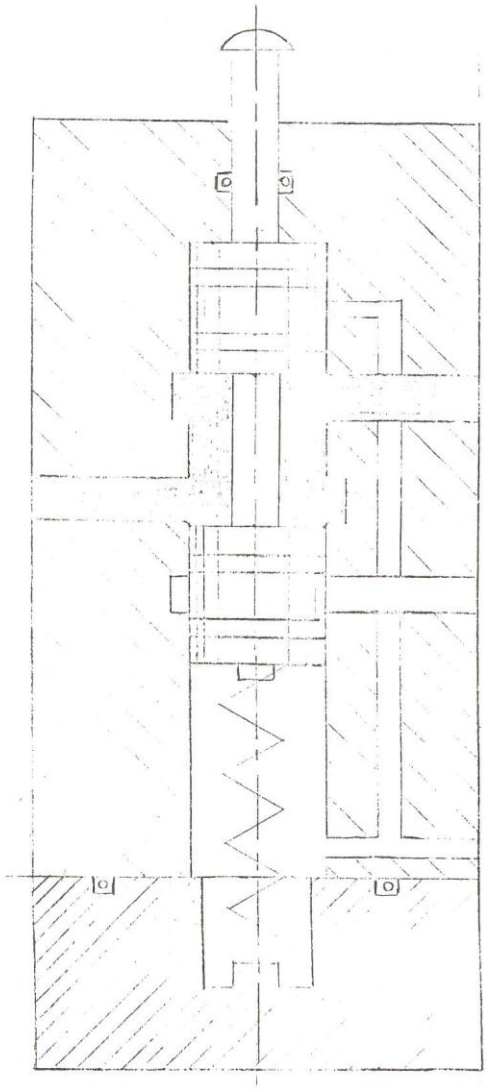
3-7











ملحق (B)

جداول التصميم

TABLE II - Values of Deformation Factor C in kN/m- for dynamic load check

Materials		Involute tooth form	Tooth Error - mm				
Pinion	Gear		0.01	0.02	0.04	0.06	0.08
cast iron	cast iron	14½°	55	110	220	330	440
steel	cast iron	14½°	76	152	304	456	608
steel	steel	14½°	110	220	440	660	880
cast iron	cast iron	20° full depth	57	114	228	342	456
steel	cast iron	20° full depth	79	158	316	474	632
steel	steel	20° full depth	114	228	456	684	912
cast iron	cast iron	20° full depth	59	118	236	354	472
steel	cast iron	20° stub	81	162	324	486	648
steel	steel	20° stub	119	238	476	714	952

TABLE III

Values for ses to be used in the wear load equation depend upon a combination of the gear and pinion materials. Some values for various materials for both ses and k are tabulated.

Average Brinell Hardness Number of steel pinion and steel gear	Surface Endurance Limit ses(MN/m^2)	Steel Fatigue Factor k (MN/m^2)	
		14½°	20° K
150	342	203	282
200	480	469	655
250	618	673	949
300	755	1004	1372
400	1030	1869	2553

Brinell Hardness Number, BHN				
Steel pinion	Gear			
150	C.I.	342	303	414
200	C.I.	480	600	820
250	C.I.	613	1000	1310
150	Phosphor Bronze	342	317	427
200	Phosphor Bronze	445	503	689
C.I Pinion	C.I Gear	549	1058	1437
C.I Pinion	C.I Gear	618		

PROPORTIONS OF STANDARD GEAR TEETH

	14 1/2° Composite	14 1/2° Full Depth Involute	20° Full Depth Involute	20° Stub Involute
Addendum	m	m	m	0.8 m
Minimum depth	1.157 m	1.157 m	1.157 m	m
Whole depth	2.157 m	2.157 m	2.157 m	1.8 m
Clearance	0.157 m	0.157 m	0.157 m	0.2 m

STANDARD MODULESS. Standard modules taken from LSO/RS4 are:
Preferred 1,1.25,1.5,2.5,3,4,5,6,8,10,12,16,20,25,32,40,50
Second Choice 1.125,1.375,1.75,2.25,2.75,3.5,4.5,5.5,7,9,11,14,18,22,28,36,45.

TABLE 1 - FORM FACTORS Y - FOR USE IN LEWIS STRENGTHEQUA

Number of Teeth	14 1/2° Full Depth Involute or Composite	20° Full Depth Involute	20° Stub Involute
12	0.067	0.078	
13	0.071	0.083	
14	0.075	0.088	
15	0.078	0.092	
16	0.081	0.094	
17	0.084	0.096	
18	0.086	0.098	
19	0.088	0.100	
20	0,090	0.102	
21	0.092	0.104	
23	0.094	0.106	
25	0.097	0.108	
27	0.099	0.111	
30	0.101	0.114	
34	0.104	0.118	
38	0.106	0.122	
43	0.108	0.126	
50	0.110	0.130	
60	0.113	0.134	
75	0.115	0.138	
100	0.117	0.142	
150	0.119	0.146	
300	0.12	0.150	
Rack	0.12	0.154	

Table 1 Metric precision hexagon bolts and nuts

All dimensions in millimetres

1	2	3	4 5	6 7	8 9	10 11	12	13	14 15	16 17	18	19
Nominal size and thread dia. d	Pitch of thread (see to prior standard)	Thread length b	Diameter of washer face and height d k	Width across flats s	Width across corners e	Diameter of washer face d$_w$	Depth of washer face c	Transition diameter d$_s$	Radius under head r	Height of head k	Eccentricity of shank and split pin hole to the thread	Eccentricity of shank and split pin hole to the thread
		ref.	max. min.	max. min.	max. min.	max. min.		min.	max. min.	max. min.	max.	max.
M1.6	0.35	0.9	1.9 5	3.2 3.08	3.7 3.48	— —	—	2.0	0.2 0.1	1.225 0.975	0.18	0.14
M2	0.4	1.0	2.0 1.80	4.0 3.88	4.6 4.38	— —	—	2.6	0.3 0.1	1.525 1.275	0.18	0.14
M2.5	0.45	1.0	2.0 2.35	5.0 4.88	5.8 5.51	— —	—	3.1	0.3 0.1	1.825 1.575	0.18	0.14
M3	0.5	1.2	3.0 2.80	5.5 5.38	6.4 6.08	5.08 4.83	0.1	3.6	0.3 0.1	2.125 1.875	0.18	0.14
M4	0.7	1.6	4.0 3.82	7.0 6.85	8.1 7.74	6.55 6.30	0.1	4.7	0.35 0.2	2.925 2.675	0.20	0.18
M5	0.8	2.0	5.0 4.82	8.0 7.85	9.2 8.87	7.55 7.30	0.2	5.7	0.35 0.2	3.650 3.35	0.22	0.18
M6	1	2.5	6.0 5.82	10.0 9.78	11.5 11.05	9.46 9.20	0.3	6.8	0.4 0.25	4.15 3.85	0.22	0.18
M8	1.25	3.0	8.0 7.78	13.0 12.73	15.0 14.38	12.43 12.18	0.4	9.2	0.6 0.4	5.65 5.35	0.22	0.22
M10	1.5	3.5	10.0 9.78	17.0 16.73	19.6 18.90	16.43 16.18	0.4	11.2	0.6 0.4	7.18 6.82	0.33	0.22
M12	1.75	4.0	12.0 11.73	19.0 18.67	21.9 21.10	18.37 18.12	0.4	14.2	1.1 0.6	8.18 7.82	0.33	0.27
(M14)	2	5.0	14.0 13.73	22.0 21.67	25.4 24.49	21.37 21.12	0.4	16.2	1.1 0.6	9.18 8.82	0.33	0.27
M16	2	5.0	16.0 15.73	24.0 23.67	27.7 26.75	23.27 23.02	0.4	18.2	1.1 0.6	10.18 9.82	0.33	0.27
(M18)	2.5	6.0	18.0 17.73	27.0 26.67	31.2 30.14	26.27 26.02	0.4	20.2	1.1 0.6	12.215 11.785	0.33	0.27
M20	2.5	6.0	20.0 19.67	30.0 29.67	34.6 33.53	29.27 29.00	0.4	22.4	1.2 0.8	13.215 12.785	0.33	0.33
(M22)	2.5	6.0	22.0 21.67	32.0 31.61	36.9 35.72	31.21 30.74	0.4	24.4	1.2 0.8	14.215 13.785	0.39	0.33
M24	3	7.0	24.0 23.67	36.0 35.38	41.5 39.98	34.98 34.51	0.5	26.4	1.2 0.8	15.215 14.785	0.39	0.33
(M27)	3	7.0	27.0 26.67	41.0 40.38	47.3 45.63	39.98 39.36	0.5	30.4	1.7 1.0	17.215 16.785	0.39	0.33
M30	3.5	8.0	30.0 29.67	46.0 45.38	53.1 51.28	44.98 44.36	0.5	33.4	1.7 1.0	19.26 18.74	0.39	0.33
(M33)	3.5	8.0	33.0 32.67	50.0 49.38	57.7 55.80	48.98 48.36	0.5	36.4	1.7 1.0	21.26 20.74	0.39	0.39
M36	4	10.0	36.0 35.61	55.0 54.26	63.5 61.31	53.86 53.24	0.5	39.4	1.7 1.0	23.26 22.74	0.46	0.39
(M39)	4	10.0	39.0 38.61	60.0 59.26	69.3 66.95	58.86 58.24	0.6	42.4	1.7 1.0	25.26 24.74	0.46	0.39
M42	4.5	11.0	42.0 41.61	65.0 64.26	75.1 72.61	63.76 63.04	0.6	45.6	1.8 1.2	26.26 25.74	0.46	0.39
(M45)	4.5	11.0	45.0 44.61	70.0 69.26	80.8 78.25	68.76 68.04	0.6	48.6	1.8 1.2	28.26 27.74	0.46	0.39
M48	5	12.0	48.0 47.61	75.0 74.26	86.5 83.91	73.76 73.04	0.6	52.6	2.3 1.6	30.26 29.74	0.46	0.39
(M52)	5	13.0	52.0 51.54	80.0 79.26	92.4 85.56	— —	—	56.6	2.3 1.6	33.31 32.69	0.46	0.46
M56	5.5	13.0	56.0 55.54	85.0 84.13	98.1 90.07	— —	—	62.0	3.5 2.0	36.31 34.69	0.84	0.46
(M60)	5.5	13.0	60.0 59.54	90.0 89.13	103.9 [104.72]	— —	—	67.0	3.5 2.0	38.31 37.69	0.84	0.46
M64	6	14.0	64.0 63.54	95.0 94.13	109.7 106.37	— —	—	71.0	3.5 2.0	40.31 39.69	0.84	0.46
(M68)	6	14.0	68.0 67.54	100.0 99.13	115.5 112.02	— —	—	75.0	3.5 2.0	43.31 42.69	0.84	0.46

NOTE Sizes shown in brackets are not preferred.

* A true radius is not essential provided that the curve is smooth and lies wholly within the maximum radius, determined from the maximum transition diameter and the minimum radius specified.

APPENDIX 1

خواص فيزيائية وميكانيكية نموذجية لبعض المعادن الهندسية

TYPICAL MECHANICAL AND PHYSICAL PROPERTIES FOR ENGINEERING METALS

المادة Material	معامل يونج للمرونة Young's modulus of elasticity E (GN/m^2)	معامل القص Shear modulus G (GN/m^2)	حد المرونة "Elastic" limit σ_y (MN/m^2)	شدة خضوع القص Shear yield strength τ_y (MN/m^2)	مقاومة الشد Tensile strength (MN/m^2)	مقاومة القص Ultimate strength in shear (MN/m^2)	نسبة التقلص Percentage elongation (%)	الكثافة Density (kg/m^3)	المعامل الخطي للتمدد الحراري Linear coefficient of thermal expansion ($\times 10^{-6}$ °C)
Aluminium alloy	69	26	230	—	390	240	23	2770	23
Brass	102	38	—	—	550	—	40	8350	18.9
Bronze	115	45	210	—	310	—	20	7050	18
Cast iron: Grey	90	41	—	—	210	—	8	7640	10.5
Malleable	170	83	245	166	370	330	12	7640	12
Low carbon (mild) steel	207	80	247	175	435	350	25	7800	11.7
Nickel-chrome steel	208	82	1240	652	1700	950	12	7800	11.7
Titanium	107	40	440	—	551	—	—	4507	9.5
Magnesium	45	17	262	—	379	185	—	1791	26.8