بسم الله الرحمن الرحيم

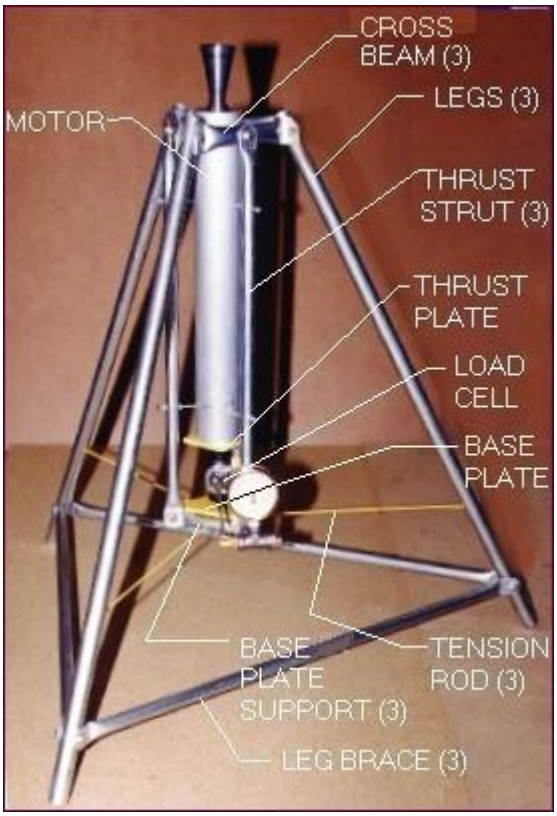
الاختبار الاستاتي للمحرك الصاروخي
Static test

من بين أهم الاختبارات الاستاتية ، الاختبار الاستاتي للمحرك الصاروخي ، حيث يتم تثبيت المحرك رأسيا بشكل جيد ثم إشعاله لرفع بعض القياسات المهمة و الخروج بنتائج مصيرية . من بين النتائج و القياسات المرفوعة هي :

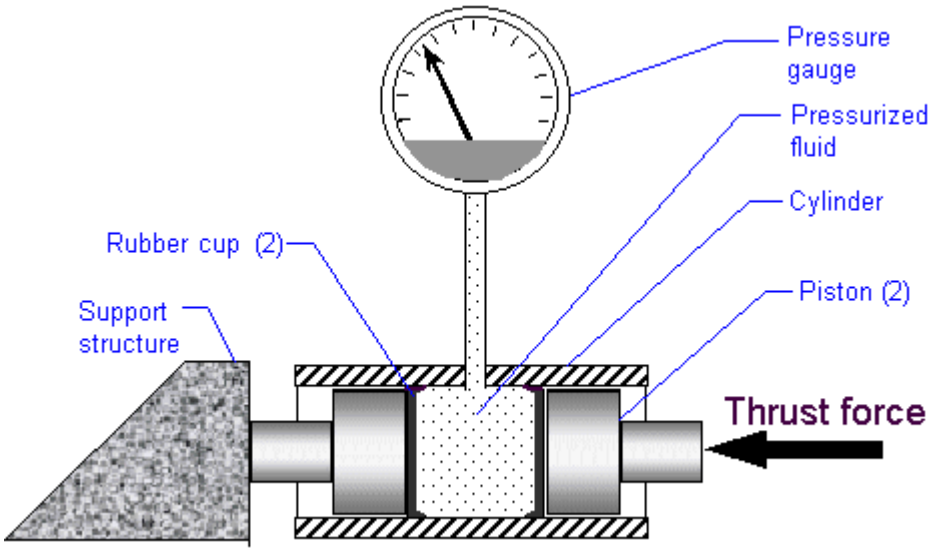
- حساب الدفع العام total thrust I_t للمحرك الصاروخي
- حساب قيمة الدفع النوعي I_{sp} للوقود المستعمل.
- حساب متوسط الدفع F.
- التأكد من أن المحرك يتحمل الضغط الناجم عن الحجرة الاحتراقية.
- التأكد من مدى تحمل النازل للاحتراق بإجراء قياسات على المضيق.

بهذه القياسات كلها يمكننا التأكد من مدى مطابقة التصميم الحالي للمحرك للاحتياجات البالستية النظرية للصاروخ.

جهاز الاختبار الاستاتي



يعمل هذا الجهاز على هذا المبدئ



حيث يتم استعمال بستم Piston مكينات الرفع الهيدروليكي ، الضغط المسجل و المصور بالكاميرا بالـ psi (رطل / إنش2) يحول إلى الرطل وذلك بضرب قيمة الضغط في مساحة القطر الداخلي للبستم بالإنش المربع ، حيث المعادلة التالية F= A . p حيث أن p (pressure) هو الضغط المسجل بالـ psi (أي رطل/إنش مربع) ، و أن A (Area) هي المساحة الداخلية للبستم بالإنش المربع و أن F (Force) هي القوة المجراة على البستم بالرطل .

تصميم الجهاز

لتصميم جهاز يتحمل ضغطا عاليا ينبغي أن يكون البستم المستعمل بالقطر اللازم لإعطاء قراءة ضغط معقولة . ذكر في التصميم المصور السابق أن البستم المستعمل في جهاز فرملة السيارات قطره 19.1 ملم يتحمل 1500رطل بكل أريحية . بالنسبة للصاروخ الذي مداه 20كلم (انظر الملف الخاص به) فإن الدفع العام التقريبي هو 53472.6نيوتن. ثانية ، لحساب متوسط قوة الدفع نقسم قيمة الدفع العام على زمن الاحتراق $F = I_t / t_b$, F= 1.92/53472.6 =27850نيوتن ، لتحويل النيوتن إلى الرطل نقسم على 4.45 لنجد F=6258.4 pounds

أما من أجل الصاروخ 50 كلم فإن الحسابات كالتالي:

F=106994.29/2.92=36641.88 N مع التحويل إلى الرطل نجد أن F=8234.130 pounds . وجد أن البستم بقطر 19.1 ملم يتحمل 1500رطل لذلك فإن أقل بستم يمكن استعماله يكون بقطر 104.8ملم ، نأخذ بستم بقطر 140 ملم . مساحة قطر البستم تقاس بالمعادلة التالية $A = \frac{\pi}{4} D^2$

وجد أن بستم قطره 28.1ملم أعطى مساحة 1.006إنش 2 منه 140 ملم قطر بستم يعطي مساحة 4.92 إنش2 منه الضغط المقروء هو 8234.13/4.92=1673.6 psi أي 115.4 بار ينبغي استعمال ساعة من 2500-5000 psi.

النتائج

تم تصميم جهاز على قياس صاروخ مداه 50كلم لأن الدفع أقوى من صاروخ مداه 20كلم ولهذا فإن الضغط المجرى على بستم قطره 3.13 إنش2 هو 2000psi (137.9بار).

كلما زاد قطر البستم كلما كانت قراءة الضغط منخفضة . عند النتائج يتم تحويل الضغط إلى وحدة الدفع (الرطل) كما ذكر سابقا حسب المعادلة التالية F=A.p

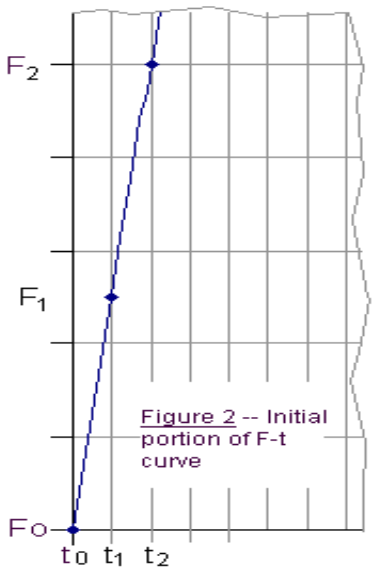
F= 1.006inch2 * 6221 pound/inch2 =6258.4pounds

فنقوم بتحويل منحنى الضغط (المصور بالكاميرا) إلى منحنى قوة الدفع F . ورسم المنحنى لاستخلاص النتائج التالية منه.

حساب الدفع العام I_t : يحسب الدفع العام عادة بإجراء الاشتقاق على المعادلة :

$$I_t = \int_0^t F\,dt$$

أي أن الدفع العام هو المساحة المحصورة تحت منحنى الدفع . إلا أننا للتبسيط نقوم بحساب الدفع العام بهذه الطريقة : نسجل قراءة قيمة قوة الدفع المتوسط F كل 0.1ثا



حيث أن :

$$I_t = \frac{F_0 + F_1}{2}(t_1 - t_0) + \frac{F_1 + F_2}{2}(t_2 - t_1) + \ldots$$

أي بإمكاننا القول : $(t_1 - t_0) = (t_2 - t_1) = \Delta t$ ويساوي هنا 0.1ثا نخرجها عاملا مشتركا فيكون $I_t = \Delta t\ (F_1 + F_2 + F_3 + \ldots)$

مثال $I = 0.1(\ 2000N + 5000N + 6500N + \ldots)$

حساب متوسط الدفع

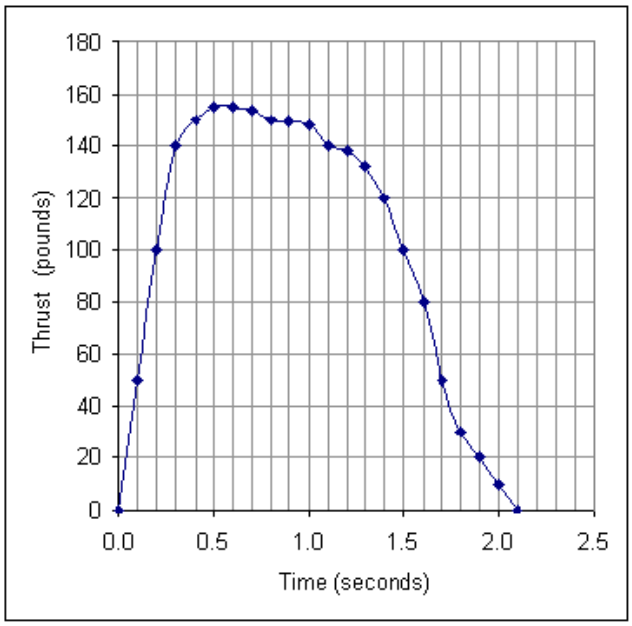
حيث تساوي قيمة الدفع العام على زمن الاحتراق $F = I_t / t_b$ زمن الاحتراق يعرف من المنحنى المتحصل عليه من التجربة.

حساب قيمة الدفع النوعي للوقود المستعمل:

$$I_{sp} = I_t / m_p$$

بالرطل ثانية/رطل

مثال : قراءة لصاروخ صغير استعمل وقود نترات البوتاسيوم / سكر:



Time	Thrust
0	0
0.1	50
0.2	100
0.3	140
0.4	150
0.5	155
0.6	155
0.7	154
0.8	150
0.9	149
1	148
1.1	140
1.2	138
1.3	132
1.4	120
1.5	100
1.6	80
1.7	50
1.8	30
1.9	20
2	10
2.1	0
2171	= Sum

I_t = 2171 x 0.1 = 217 lb-sec بعد التحويل إلى نيوتن ثانية نجد:

I_t = 217 x 4.448 = 966 N-sec

فإذا كانت كتلة الوقود نترات البوتاسيوم / سكر هي 1.61رطل فإن الدفع النوعي لهذا الوقود هو : I_{sp} = 217 / 1.61 = 135 lb-sec/lb أي 135ثا اختصارا.

ويساوي ذلك بالنظام المتري I_{sp} = 966 / 0.731 = 1321 N-sec/kg

I_{sp} = 1321 / 9.81 = 135 sec.

أخيرا فإن متوسط الدفع هو :

F_{avg} = 217 / 2.1 = 103 lbs., or

F_{avg} = 966 / 2.1 = 460 N

أي تتم القسمة على زمن الاحتراق

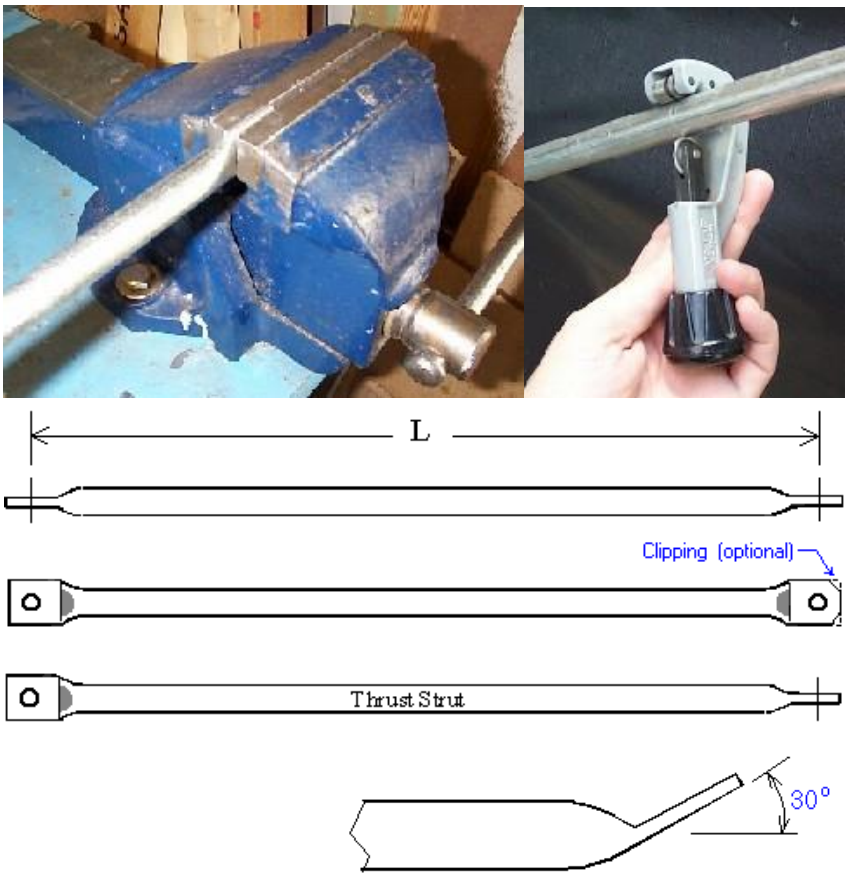
النتائج :

- النتيجة المهمة المستخلصة من التجربة السابقة أننا نقارن منحنى قوة الدفع في التجربة مع منحنى قوة الدفع النظري المتحصل عليه من برنامج Ballestic

و محاولة الحصول على محرك عملي ذي مواصفات مطابقة للمحرك النظري المحسوب في البرنامج السابق.

- النتيجة الأخرى هي قياس مضيق النازل بعد الاحتراق و التأكد من ضرورة استعمال مضيق من الجرافيت أو السيراميك عوض عن الفولاذ الحراري. يعرف ذلك إذا زاد قطر المضيق عن 5%.

صور لمخطط جهاز صغير لقياس الضغط:

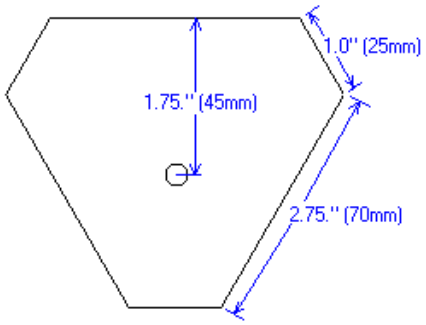


Strut Dimensions						
Component	No. req'd	EMT size	L		Cut length	
			(inch)	(mm)	(inch)	(mm)
Leg	3	3/4	28.94*	735*	32.83	834
Leg Brace	3	1/2	29.33	745	30.12	765
Thrust Strut	3	1/2	(21.46)	(545)	(22.64)	(575)
Cross Beam	3	3/4	5.51	140	6.69	170
Base Plate Support	3	1/2	4.33	110	5.31	135
Base Plate Retainer	1	1/2		-	3.94	100

* Distance between attachment holes
(Cut to suit. Length shown is for Kappa motor)

Figure 5-- Tension Rod

Structural Fasteners		
1/4 inch bolt + nut, SAE Grade 5 or 8		
Location	Length (inch)	Qty.
Leg-to-Beam	1.50	3
Leg-to-Brace	1.50	3
Thrust Strut, Upper	1.25	3
Thrust Strut, Lower	0.75	3



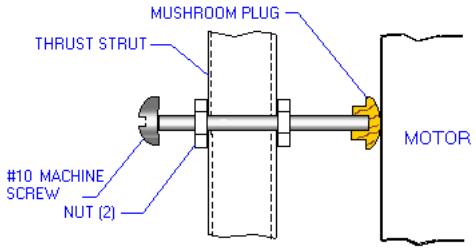
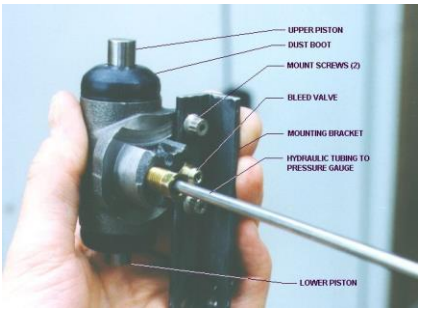


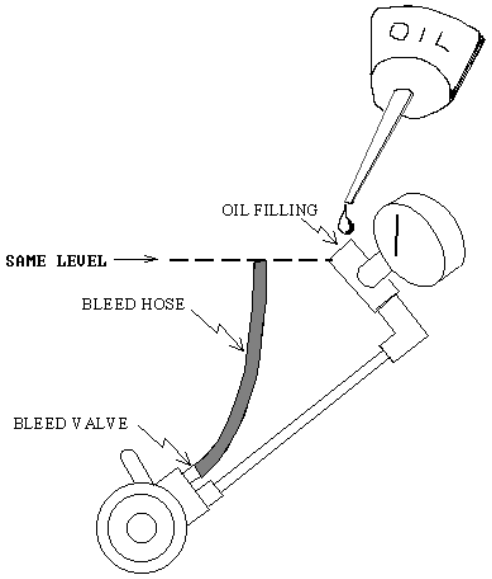
Figure 6-- Detail of motor mounting

Figure 7-- Detail of Base Plate

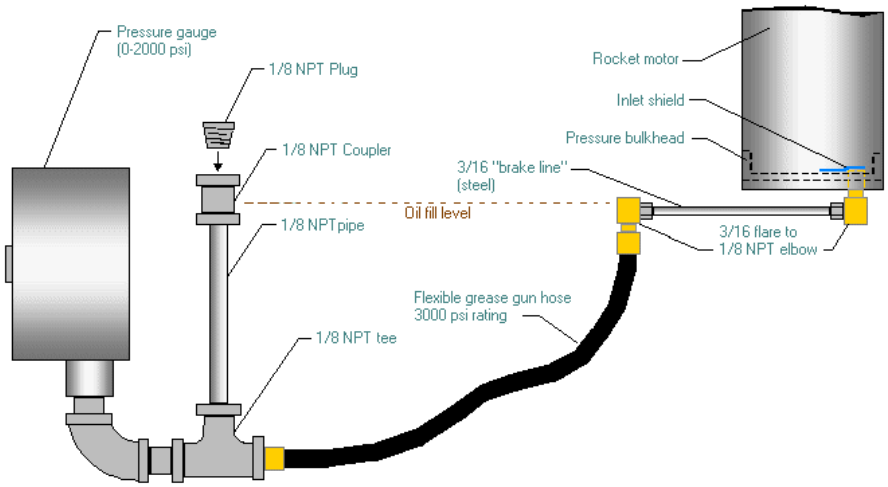

UPPER PISTON
DUST BOOT
MOUNT SCREWS (2)
BLEED VALVE
MOUNTING BRACKET
HYDRAULIC TUBING TO PRESSURE GAUGE
LOWER PISTON

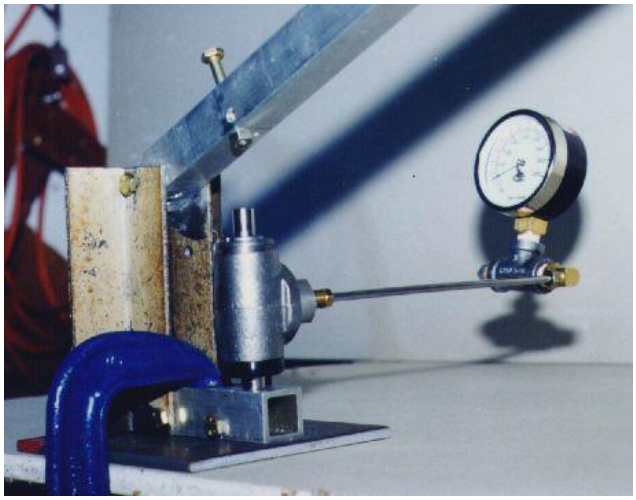
ملاحظات على جهاز الفرملة المستعمل في هذا المثال:

- ينبغي تشحيم الجهاز ، و ملء المجموعة بزيت هيدروليك على هذا المستوى الظاهر في الصورة لكي نضمن عدم دخول الهواء.



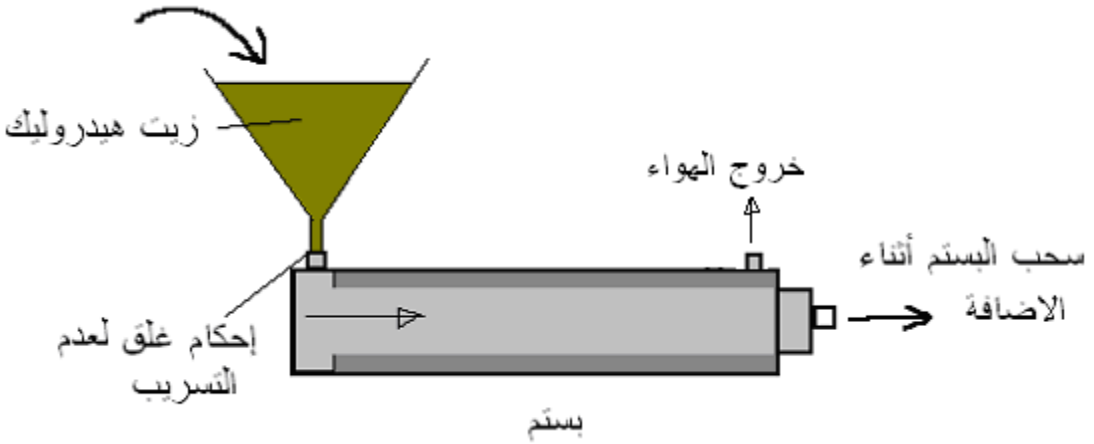
إذا كان جهاز الفرملة لا يسحب كثيرا كجهاز بستم نقوم بالتالي:





- إجراء تعيير للجهاز بالتأكد من دقته بضغط الجهاز بقيمة معلومة أو وضع كتلة وزنية معينة و مقارنة النتيجة المقروءة في ساعة الضغط بالكتلة أو الوزن الأولي والتأكد من دقة الجهاز أكثر بإضافة كتلة في كل مرة والمقارنة مع النتيجة.

أما عند استعمال بستم أجهزة الكبس و الرافعات فنقوم بإضافة الزيت في قمع كبير مع سحب البستم لكي يشغل الزيت الحيز الفارغ حتى لا يدخل الهواء ويؤدي وظيفته على الوجه المطلوب.



يتم بعدها إحكام غلق مخرج الهواء . ثم تركيب ساعة الضغط مع مدخل الزيت.