

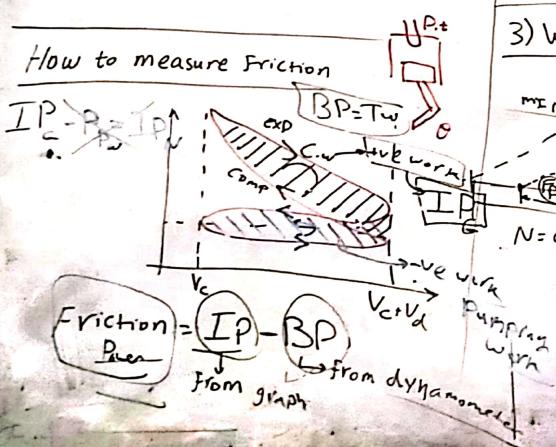
$$N = 1000 \text{ rpm}$$

(sec)	time	86	80	77
(Lb)	load	0	5	10

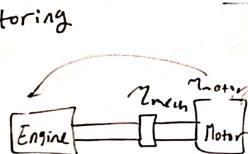
Friction types:

- * Rubbing friction
- * Accessories friction
- * Pumping losses

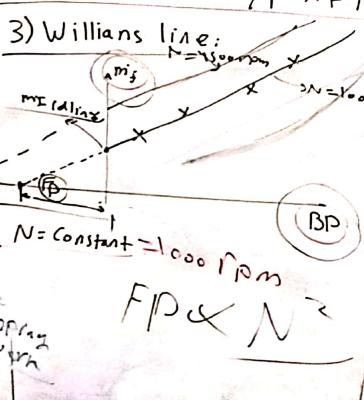
How to measure friction



2) Motoring

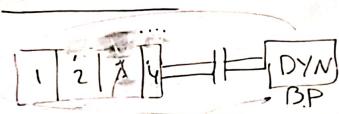


3) Willians line:



Engine Friction + Lubrication System

4) Morse test



$$IP_{all} = BP_{all} + F_{all}$$

$$IP_{1,2,3} = BP_{1,2,3} + F_{1,2,3}$$

$$IP_4, IP_1 + IP_2 + IP_3 = IP_{all}$$

load	5	10	15	20
time	1	2	3	4
IP	1	2	3	4
BP	1	2	3	4

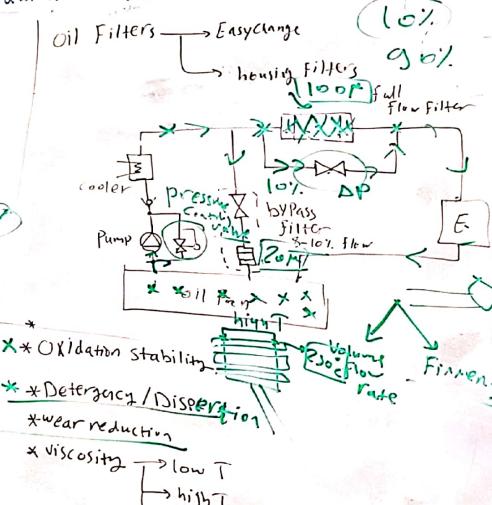
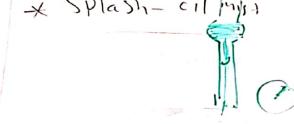
$$\frac{IP}{time} = \frac{IP}{4} = \frac{IP_{all}}{4}$$

- Function
- * Cooling
 - * Friction Energy losses ↓
 - * Wear protection .
 - *



Engine Friction + Lubrication System

- Types
- * Forced feeding
- * Splash - oil bath



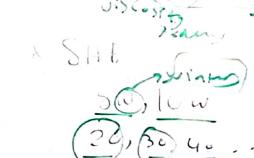
- * Oxidation stability
- * Detergency / Dispersion
- * wear reduction
- * viscosity

low T → high T
How to measure it?

SUS

Saybolt Universal Second

- Volume expansion rate
- Firmer



Crack

Engine friction

في هذا الدرس سنعرفكم بموضوع الاصدارات في المحرك وطرق قياس الاصدارات.

- * Mechanical efficiency $\Rightarrow \eta_{mech} \Rightarrow 0\% \Rightarrow @ ideling$
 $90\% \Rightarrow @ full load$

- * @ ideling $BP = zero$.

$$\star \eta_{mech} = \frac{BP}{IP} = \frac{IP - FP}{IP} = 1 - \frac{FP}{IP} \xrightarrow{\text{Power}} \text{friction}$$

- * Why friction has negative effect on engine performance?

Because it decreases the maximum brake torque and increases the minimum brake specific fuel consumption.

- * State all types of friction loss inside the internal combustion engine.

1) pumping work: work done by the piston to draw the fresh mixture and to expel the burned gasses.

2) Rubbing friction: work done per cycle dissipated in overcoming the friction due to relative motion of adjacent components.

3) Accessory work:

2

The work done per cycle required to drive the engine accessories (pump, fan, generator, ...)

$$W_{tf} = W_p + W_{rf} + W_a$$

total friction work
Pumping work
Rubbing friction
accessory friction

Remember:

$$MEP = \frac{\text{Work}}{V_d} = \frac{\text{Power}}{V_d \cdot N}$$

↓ displacement
 volume ($\frac{\pi}{4} B^2 L Z$)
 ↓ Bore ↓ Stroke
 no. cylinders

RPM
 N
 $i * 60$
 1 2
 2 stroke 4 stroke

$$P_w = MEP \cdot V_d$$

$$* P_w = MEP \cdot V_d \cdot \frac{N}{i \cdot 2}$$

$$* bMEP = \frac{BP}{V_d}$$

Brake mean effective pressure

$$* iMEP = \frac{IP}{V_d} \rightarrow \begin{cases} \text{indicated power} \\ \text{indicated mean effective pressure} \end{cases}$$

Indicated mean effective pressure:

* Indicated mean effective pressure: The work delivered to the

* Gross (iMEP_g): The work delivered over the compression and expansion

piston over the entire strokes per unit displaced volume.

* Net (iMEP): The work delivered to the piston over the entire 4 strokes of the cycle per unit displaced volume

$$imep_g = imep_n + P_{mep}$$

$$b_{mep} = imep_g - t f_{mep}$$

$$t f_{mep} = P_{mep} + r f_{mep} + a_{mep}$$

$$b_{mep} = \underline{imep_g - P_{mep} - r f_{mep} - a_{mep}}$$

$$\boxed{b_{mep} = \underline{imep_n - r f_{mep} - a_{mep}}}$$

3
 P_{mep} : Pumping mean effective pressure.

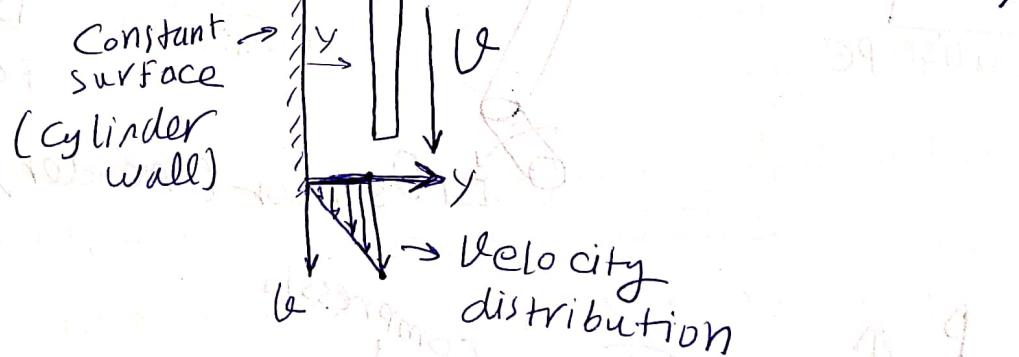
$t f_{mep}$: total friction mean effective pressure

$r f_{mep}$: Rubbing friction mean effective pressure

a_{mep} : Accessories friction mean effective pressure

* Shear stress between 2 surfaces in relative motion

$$T = \mu \frac{\partial v}{\partial y}$$



Example:

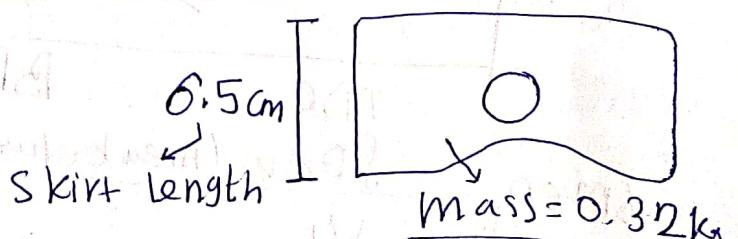
4 cylinder engine: $B = 8.15 \text{ cm}$, $L = 7.82 \text{ cm}$, $\rho = 15.4 \text{ cm}$

$U_{\text{piston}} = 8.25 \text{ m/s}$

Clearance between the piston and the cylinder = 0.004 mm

$$\mu = 0.006 \text{ N.S/m}^2$$

Calculate the friction force

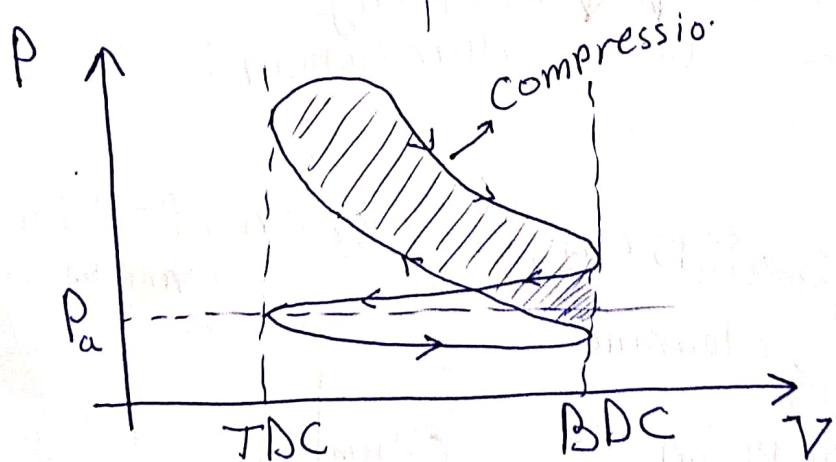
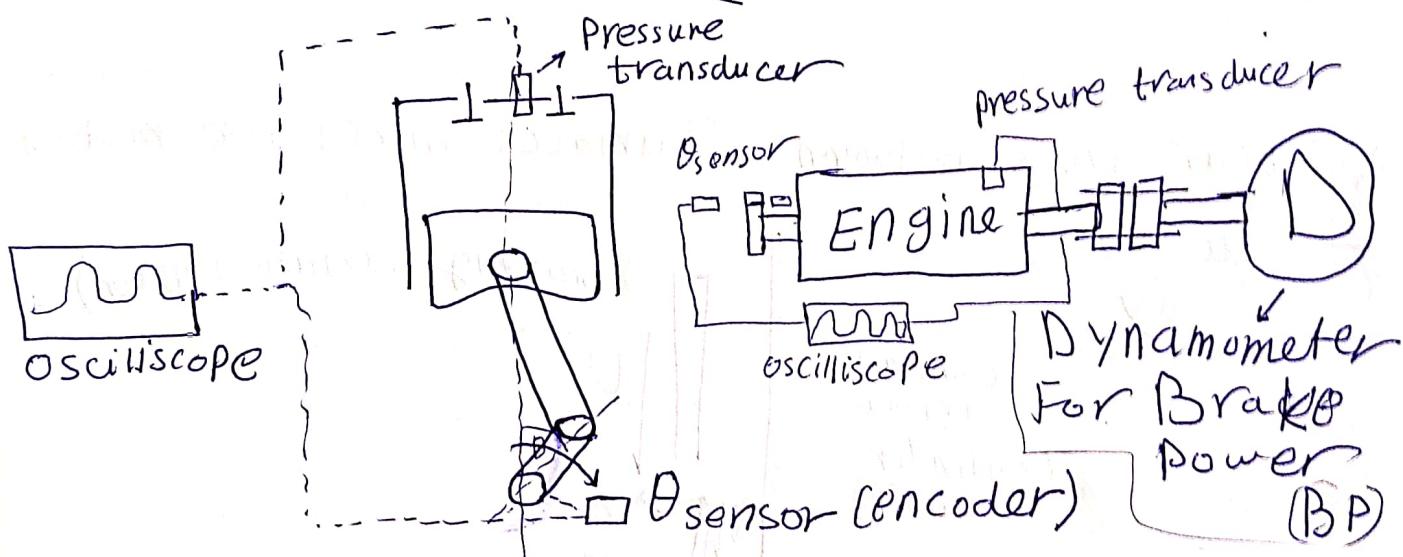


$$\text{Friction Force} = \bar{T}A = \mu \frac{du}{dy} \times A \rightarrow \pi BL$$

$$0.006 * \frac{8.25}{0.004 \times 10^3} * \pi * 0.0815 * 0.065 \\ = 205 \text{ N}$$

Friction measurement:

1) Using P-V diagram



$$imep_g = \frac{\int P dv \text{ (Area between compression and expansion curves)}}{V_d}$$

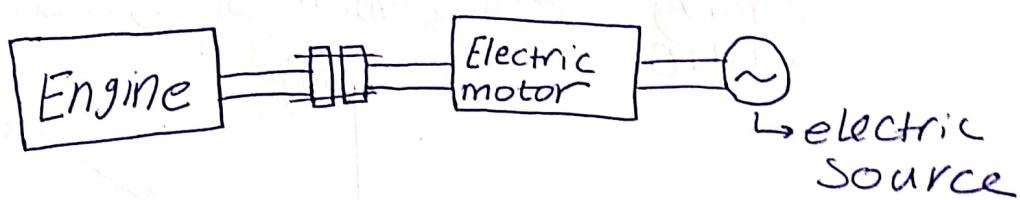
$$bmeep = \frac{BP}{V_d} \Rightarrow \text{from dynamometer}$$

$$imep_g = bmeep \pm fmeep$$

↳ friction mean effective pressure

$$fmeep = imep_g - bmeep$$

2) Direct motoring test:



١- نقوم بتشغيل المركب بصورة طبيعية حتى يدخل إلى حالته **steady state** ودُوَّع معناه أن درجة حرارة زيت التسخيم والمotor بصفة عامة لم تحت تأثير.

٢- قم بفصل المركب **motored engine** وتسويقه بهmotor كهربائي وملحق على المركب في هذه الحال.

٣- مرددة إلى اختبارك يجب أنت تتغول وذلك لأن درجة حرارة المركب وزيت التسخيم قد تقل تدريجياً بسبب عدم وجود احتراق وسائل تزداد لزوجيه زيت التسخيم ويزداد أو **friction** بصورة غير واقعية كما في حالة التشغيل العارض.

$$\omega_{friction} = \omega_{electric\ motor}^* \gamma_{motor} = fmeep * V_d * \frac{N}{2 * 60}$$

If γ_{motor} not given the consider it equal 100%.

$$fmeep = \frac{\omega_{elec,motor}}{V_d * \frac{N}{2 * 60}}$$

3) Williams line:

مخطط ويلز

(bmeP) أو

- * يرسم العلاقة بين Brake Power (يتم معرفتها عن طريق تحويل المحرك بـ Dynamometer و بعد استهلاك الوقود m_f^*) لتكون السرعة ثابتة (وذلك في جميع الاختبارات الاخرى (morse motored, P-V))

* ولابد أن تكون اد كوت اد وندي engine

Steady State

of engine

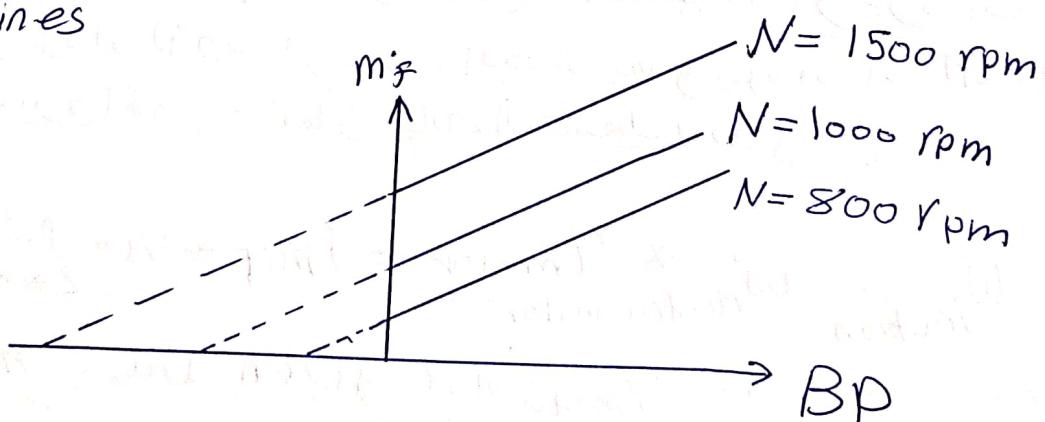
m_f^*

(m_f^* @ idling condition)

FP
 f_{mep}

BP
bmeP

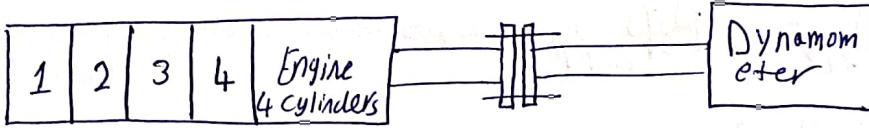
Note if speed increases or decreases draw the lines



as Speed increase \Rightarrow Friction increases

Morse test:

7



لتحتفل المحرك بار 4 cylinders وهو BP_{all} معاً وينحسب اد الناتج من عمل جميع الـ سطوانات

$$\overline{IP}_{all} = BP_{all} + FP_{all} \quad (1)$$

↓ ↓ ↓

indicated power قوى
مقطوعة

فهناك اسوانات (بنية الوقود منه الوصل لها 1 وينزع سلك spark plug) في المحرر (SI) وتقم بقياس BP_{1,2,3} وهو الناتج من اسطوانات 1,2,3

$$\overline{IP}_{1,2,3} = BP_{1,2,3} + FP_{all} \quad (2)$$

↓ ↓ ↓

قوى
مقطوعة

القيمة لل 4 اسطوانات friction
قيمة ثابتة لا تتغير بايقاف
احد اسطوانات.

$$\overline{IP}_{all} = BP_{all} + FP_{all} \quad (1) \text{ او } (2)$$

$$\overline{IP}_{1,2,3} = BP_{1,2,3} + FP_{all}$$

$$\overline{IP}_4 = \text{مقطوعة}$$

يعكر الخواتم السابقة ولكن بايقاف اد سطوانة 3 وترك الساق ي العمل وباقي الساقين ي العمل

$$IP_3, IP_2, IP_1$$

$$IP_{all} = IP_1 + IP_2 + IP_3 + IP_4 = \underline{\quad}$$

$$FP_{all} = IP_{all} - BP_{all} = \underline{\quad}$$

$$f_{mep} = \frac{FP_{all}}{V_d * \frac{N}{2 * 60}} = \underline{\quad}$$

للحظات يُجب تكرار العملية للأربع أسطوانات وليس من المُمْكِن أن تُحْتَرِب IP_1 لأحدى الأسطوانات في أربعَةٍ وذلك لأن IP_1 كل أسطوانة تختلف عن الأخرى وذلك لعدة عوامل منها اختلاف الـ $Volumetric efficiency$ لكل أسطوانة واختلاف حالة كل أسطوانة.

عن الأخر $\underline{\underline{IP}}$ سُجِدَ أن $\underline{\underline{IP}}$ كل أسطوانة تُحْتَرِب $\underline{\underline{\text{مع}}}$ بعدها (الاختلاف بينهم مُغْيِر).

Important note:

$$\text{Friction} \propto N^2$$

If speed increased to the double
Friction will increase four times.

$$\downarrow (2)^2$$