الباب الثانى

مكنات الاختبار

TESTING MACHINES

مقدمة

أولا — أنواع مكنات الاختبار

ثانيا مكنات الاختبار العامة

ا — المكنة ذات الترس واللولب ب — المكنة الهيدروليكية

ثالثا — طرق قياس الاحمال بمكنة الاختبار

ا — أوزان القياس ب — أوزان القياس والرافعة ذات النسبة الثابتة

حـ — الوزن الثابت والرافعة المتغيره ى — الضغط الهيدروليكى

هـ — الديناموميترات

رابعا — التحكم فى سرعة التحميل فى مكنات الاختبار

خامسا — طرق تثبيت ووضع العينة بمكنة الاختبار

سادسا الاشتراطات الواجب توافرها فى مكنات الاختبار

سابعا — معايرة مكنات الاختبار

ا — الأثقال الثابتة ب — الأوزان والروافع

حـ — الأجهزة المرنة

١ — قضيب الصلب القياسى ٢ — حلقة المعايرة

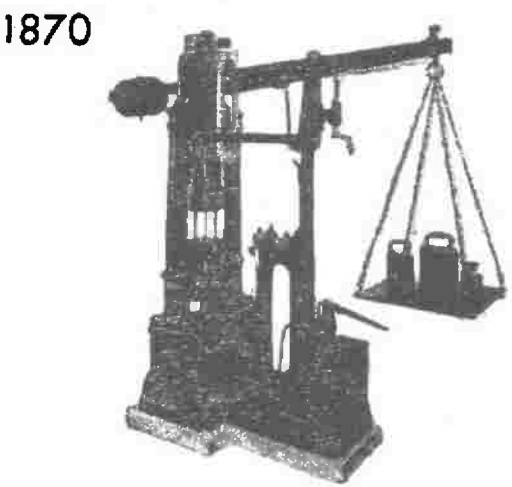
٣ — صندوق المعايرة القياسى ٤ — الاشوطة المرنة

ى — الشروط الواجب توافرها فى أجهزة المعايرة المرنة

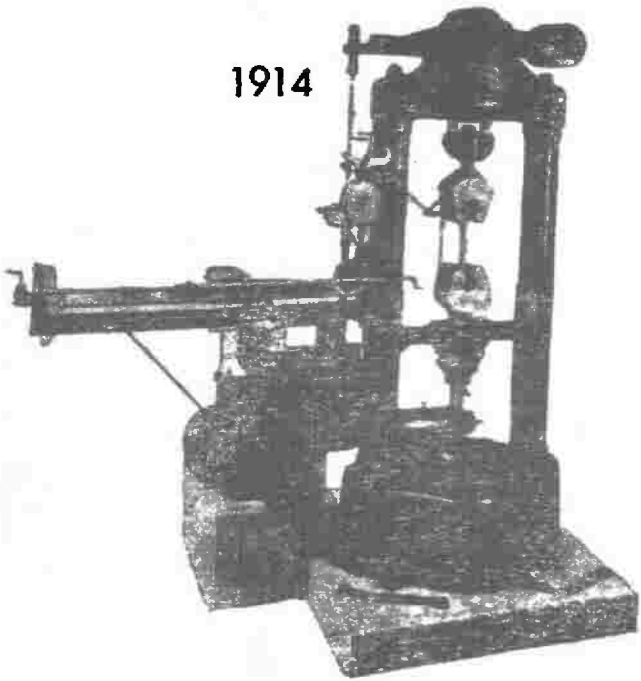
مقدمة

يعتبر إنشاء كوبرى نيللى على نهر السين بفرنسا فى سنة ١٦٥٨ من أوائل التطبيقات لإستخدام مكنات الإختبار فى إجراء إختبارات الشد والضغط والإنحناء . فقد أنشأ المهندس (جان بيرونيت) — الذى عهد إليه بذلك الكوبرى — مكنة إختبار ذات سعة(Capacity)٦٠٠٠ باوند للتحقق من مدى مقاومة المواد المستخدمة فى الإنشاء ، وقد أدى النجاح فى إنشاء هذه المكنة إلى عمل مكنات مماثلة إستخدمت بنجاح ، ثم تعددت تصميمات مكنات الإختبار بعد ذلك(أشكال رقم ٢ — ١، ٢، ٣) نتيجة للتقدم فى صناعة المعدات الميكانيكية ، وانتشرت صناعتها لمختلف أغراض إختبار المواد المتنوعة حيث توجد مكنات ذات قدرة عالية (حوالى ٤٠٠٠ طن) لتسمح باختبار المنشآت وأجزائها بالمقاس الكامل (Full Size) كما توجد مكنات لها منتهى الحساسية والدقة تمكن من معرفة مقاومة الإنهيار للأنسجة الدقيقة .

مكنة الإختبار هى جهاز يؤثر على قطعة الإختبار (Test Piece) بحمل مناسب يؤدى إلى الكسر أو إلى حدوث تغييرات وتشكلات فى شكل قطعة الاختبار ، ويمكن قياس هذه التغييرات أو التشكلات بأجهزة قياس دقيقة ومن ثم يمكن معرفة سلوك مادة قطعة الإختبار تحت تأثير مثل هذا الحمل .



شكل (٢ — ١) مكنة اختبار عامة سنة ١٨٧٠ م



شكل رقم (٢ — ٢) مكنة اختبار عامة سنة ١٩١٤ م

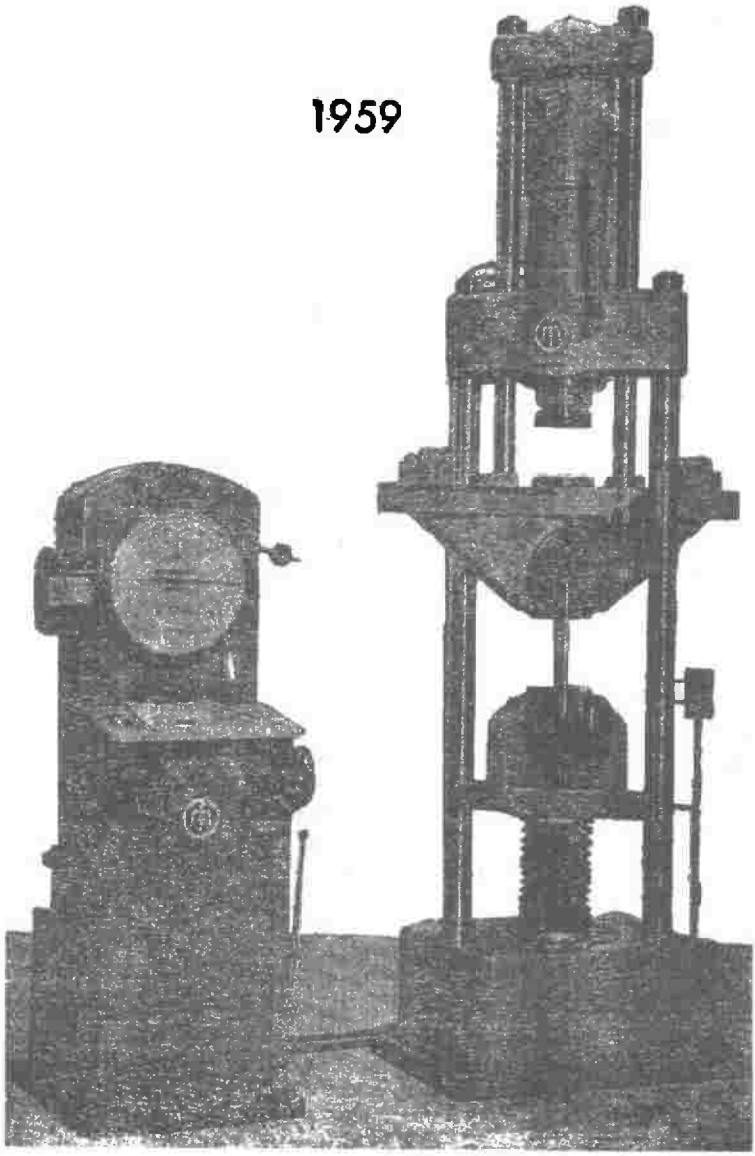
أولا — انواع مكنات الاختبار

يمكن تقسيم مكنات الاختبار إلى الأنواع الآتية :

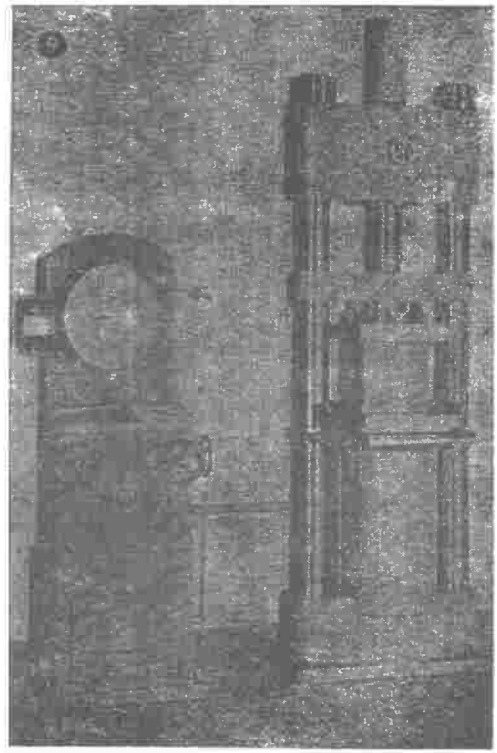
١ — مكنات اختبار مصممة لإجراء نوع واحد فقط من الاختبارات مثل مكنة الضغط (شكل رقم ٢ — ٤) أو مكنة الشد (شكل رقم ٢ — ٥) أو مكنة الانحناء (شكل رقم ٢ — ٦) .

٢ — مكنات الاختبار العامة (Universal Testing Machines) .
وهى مصممة لإجراء أى من اختبارات الشد والضغط والانحناء .
(شكل رقم ٢ — ٣)

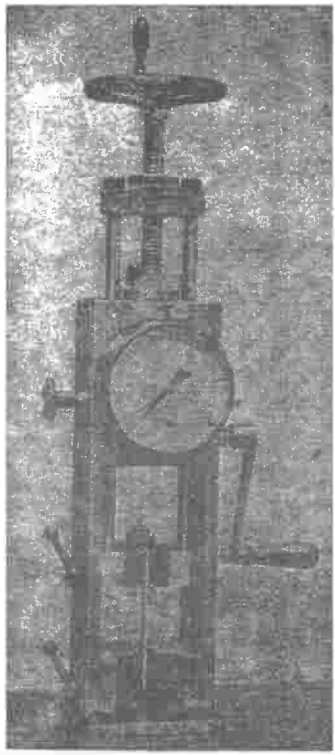
٣ — مكنات الاختبار الخاصة Special Testing Machines
وهى مصممة لإجراء اختبارات خاصة مثل الصلادة (Hardness) أو الالتواء Torsion) أو الصدم (Impact) . . . إلخ .



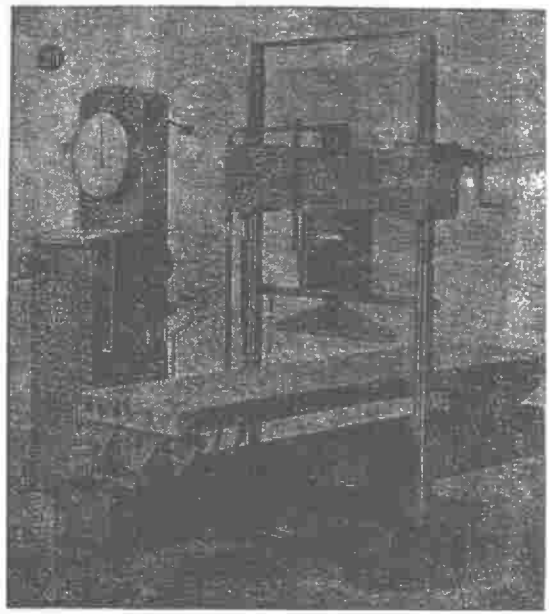
شكل رقم (٢ — ٣) مكنة اختبار عامة سنة ١٩٠٩



شكل رقم (٢ — ٤) مكنة اختبار الضغط



شكل رقم (٢ — ٥) مكنة اختبار الشد

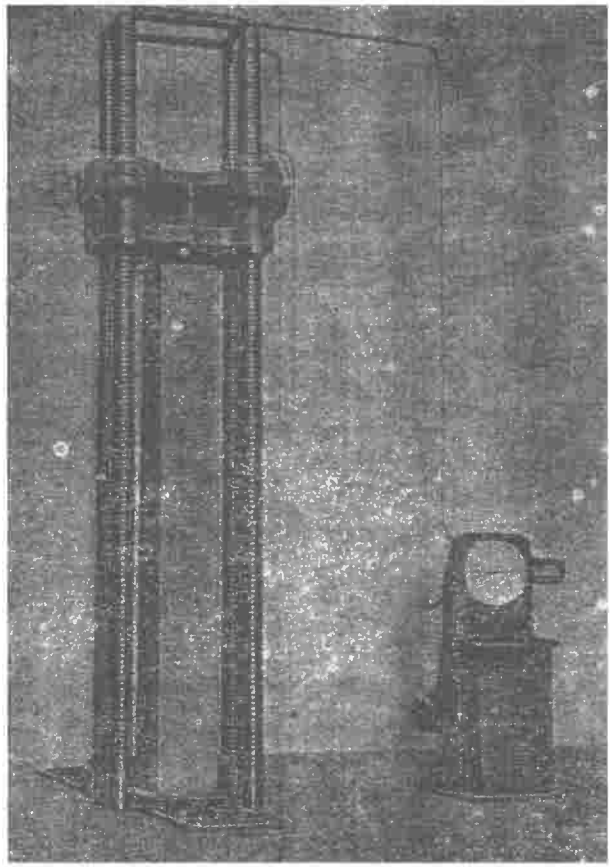


شكل رقم (٢ — ٦) مكنة اختبار الانحناء

٤ ــ مكنات الاختبار الرأسية ، حيث التأثير بالحمل رأسيا مثل مكنات اختبار الأعمدة . شكل رقم(٢ ــ ٧) .

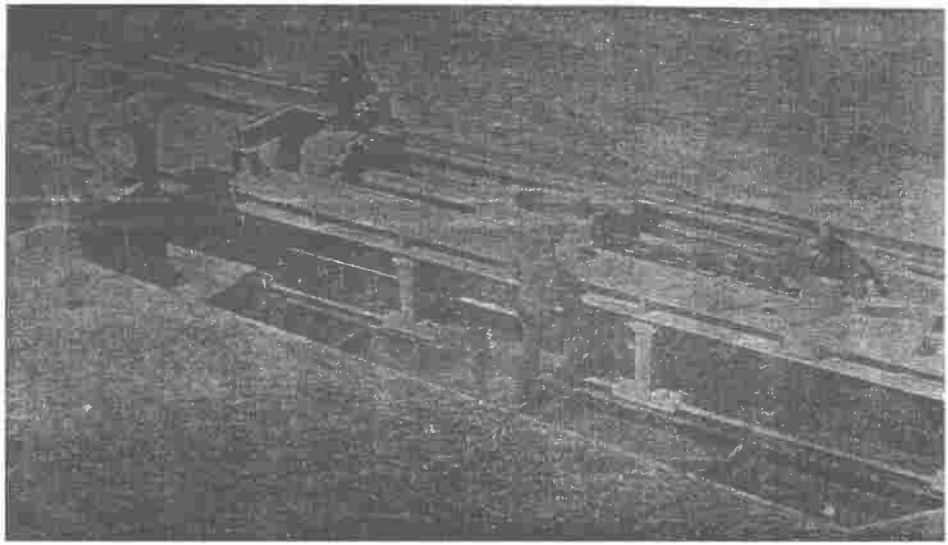
٥ ــ مكنات الاختبار الأفقية (Horizontal Teting Machines)

وفيها يتحرك رأس التحميل فى الاتجاه الأفقى ويفضل هذا النوع فى حالة العينات



شكل رقم (٢ ــ ٧) مكنة اختبار رأسية لضغط الأعمدة

الطويلة نسبياً كما هو الحال فى اختبارات السلاسل أو الحبال والسلك (رقم ٢ــ٨) إذ أن طبيعة هذا النوع من الاختبارات تحتم طولا معينا لقطعة الاختبار وقد لا يسمح به ارتفاع المعمل لو كان محور تحميل المكنة رأسياً .



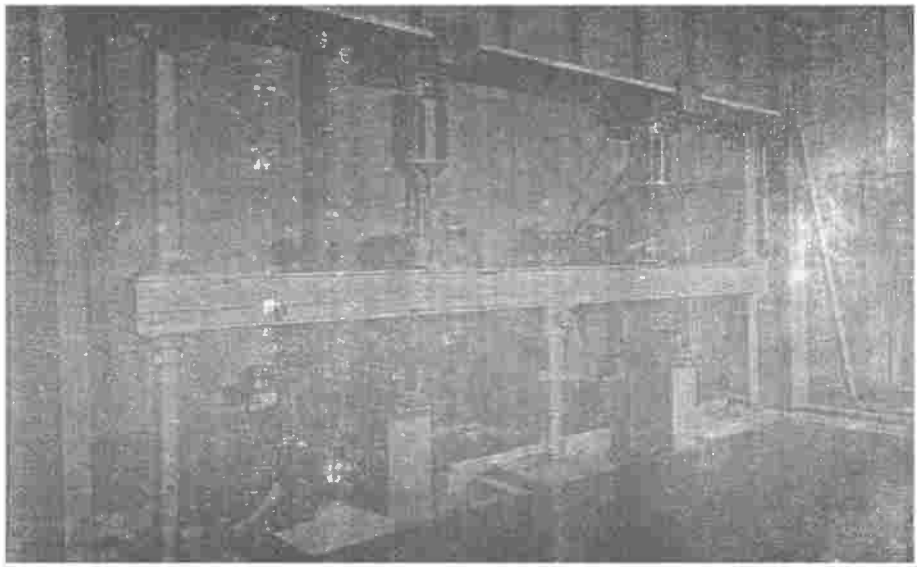
شكل رقم (٢ — ٨) مكنة اختبار أفقية لشد السلاسل

٦ — مكنات الإختبار عند درجات الحرارة العالية أو المنخفضة .

وتستخدم لدراسة سلوك المواد عند درجات الحرارة المختلفة ومنها اختبار الزحف (Creep) للمعادن عند درجات الحرارة العالية .

٧ — مكنات لاختبار منشآت أو مكنات كاملة أو أجزاء كاملة من هـذه المنشآت أو المكنات ،مثل قاعدة الاختبار (Test bed) المزودة بهيا كل التحميل وبضغوط هيدروليكية (Hydraulic Jacks) للتأثير بالحمل كما فى الشكلين رقم (٢ — ٩) ، رقم (٢ — ١٠) .

ويتضح من التقسيم السابق لمكنات الاختبار أنأهم نوع فيه هو مكنات الاختبار العامة حيث يمكن استعمالها فى اختبارات عديدة خصوصاً الروتينية منها والتى تجرى عادة فى المعامل والمصانع ، لذلك سندرس بالتفصيل الأجزاء المختلفة وطريقة عمل مكنات الاختبار العامة .



شكل رقم (٢ — ٩) قاعدة الاختبار

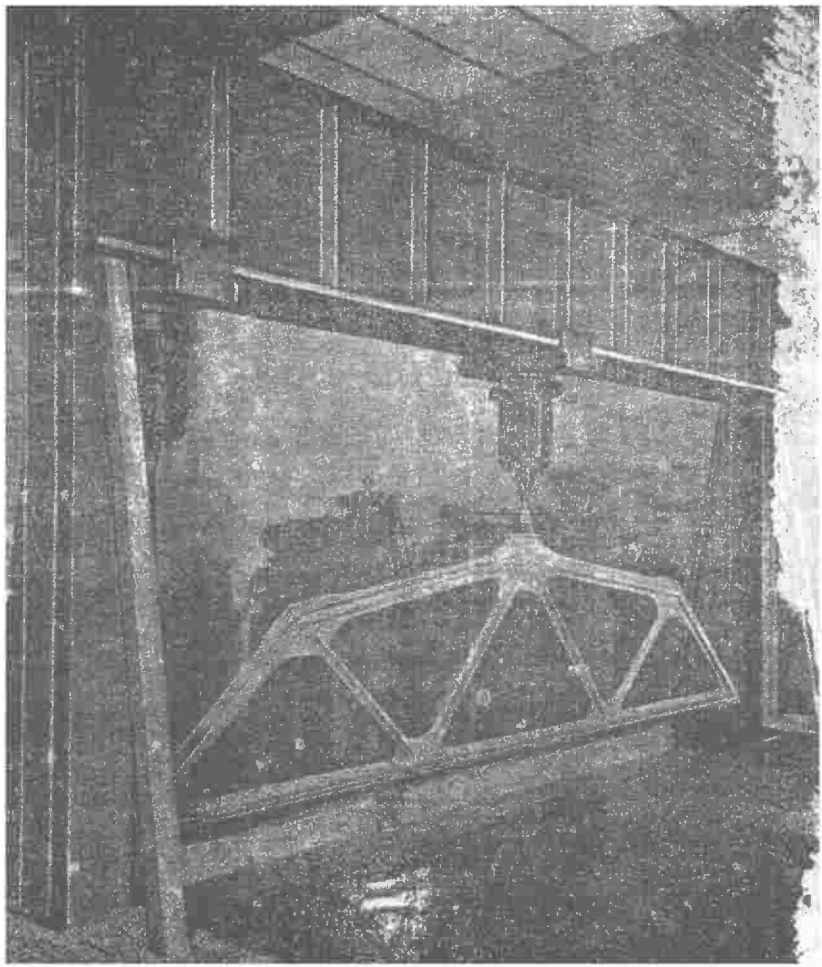
ثانيا ـ مكنات الاختبار العامة

تتكون مكنة الإختبار العامة بصفة رئيسية من الجزأين الأساسيين الآتيين :

الجزء الأول وهو الخاص بتحميل (Loading) قطعة الاختبار .

ـ والجزء الثانى لموازنة (Balancing) هذا الحمل وقياس قيمته .

بالإضافة إلى ذلك يوجد فى مكنة الاختبار أجزاء أخرى إضافية (Accessories) لها دور هام فى قيام المكنة بوظيفتها مثل الكلابات (Grips) التى تستخدم لتثبيت قطعة الاختبار فى المكنة ، ومصدر القوة المحركة الذى يكون فى أغلب الحالات موتوراً كهربائيا ، وأجزاء امتصاص الصدمات (Shock absorption) ، وأجهزة بيان معدل التحميل (Rate of Loading) وتسجيل الأحمال وأثرها على قطع الاختبار . ويختلف شكل هذه الأجزاء من مكنة إلى أخرى حسب نوع المكنة والشركة التى قامت بصناعتها على الرغم من أن طبيعة عملها واحدة .

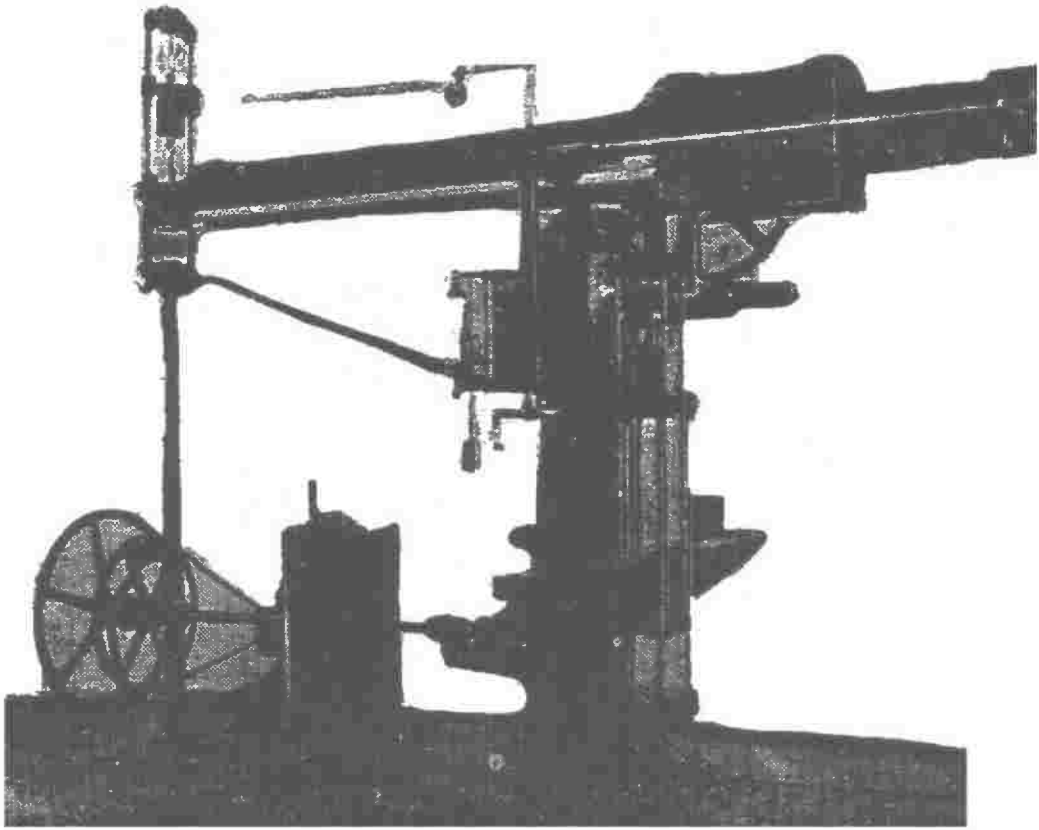


شكل رقم (٢ — ١٠) قاعدة الاختبار

ويمكن تقسيم مكنات الاختبار العامة بالنسبة إلى طريق تحميل قطعة الاختبار إلى نوعين أساسيين :

(ا) مكنات اختبار ذات الترس واللولب (Screw - Gear) ، ويكون فيها التحميل بوسائل ميكانيكية حيث تستخدم مجموعة من التروس للتحميل .

(ب) مكنات اختبار هيدروليكية (Hydraulic) ، وفيها الضغط يستخدم الهيدروليكي للزيوت لدفع الرأس المتحرك للمكنة ، ومن ثم تحميل قطعة الاختبار .



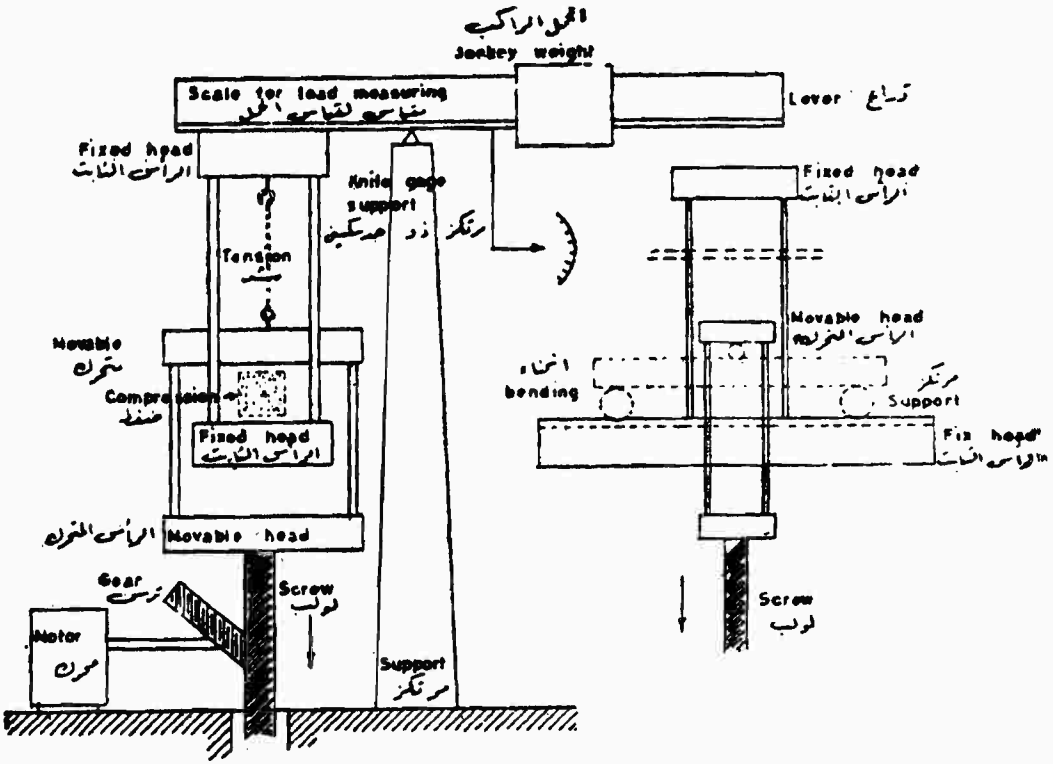
شكل رقم (٢ — ١١) مكنة الاختبار ذات الترس واللولب

ويمكن وصف كل من النوعين فيما يلى :

١ — المكنة ذات الترس واللولب : (Screw - Gear Machine)

(شكل رقم ٢ - ١١) و (شكل رقم ٢ - ١٢) .

تثبت عينة الاختبار بين رأسى (Heads) هذه المكنة حيث يوجد لها رأسان إحداهما ثابت والآخر متحرك . فاذا ثبتت العينة بين الرأسين فان حركة الرأس المتحرك تسبب التحميل للعينة وتحدث هذه الحركة ميكانيكياً باستخدام الترس واللولب . وتحدد قيمة الحمل المؤثر باستخدام رافعة حيث توازن قيمته بتغيير موضع الثقل الراكب على ذراع الرافعة ، ويمكن قراءة قيمة الحمل على مقياس



المكنة ذات الترس واللولب

Screw Gear Machine

شكل رقم (٢ — ١٢)

متصل بذراع الرافعة كما يتبين من الشكل رقم (٢ — ١٢) ، والذى يتضح منه أنه يمكن التأثير بأحمال الشد والضغط والانحناء على العينات المختبرة ويعمل كل من هذه الأحمال على حدة .

وسعة المكنة ذات الترس واللولب غالباً ما تكون أقل من التأثير بحمل حوالى ١٠٠ طن على الأكثر وعادة فى معظم هذه المكنات تختلف من ٥ طن ، ١٠ طن إلى ٥٠ طن أى أن هذا النوع من المكنات له سعة محدودة فى التحميل ليست بالكبيرة . وذلك ناتج من صعوبة تجهيز نقط ارتكاز ذات حد سكينى (**Knife edge** Support) مناسبة للرافعة — كجزء من الطريقة الميكانيكية لنقل الحمل فى هذه الحالة —

وذلك للأحمال الكبيرة ، بالإضافة إلى أن الجزء من المكنة الخاص بقياس الحمل لهذا النوع من المكنات يضع تحديداً يصعب تجاوزه للحمل الممكن قياسه بهذه الطريقة تبعاً لتحديد الثقل المستخدم فى الرافعة .

والمكنات ذات الترس واللولب ثبت أنها خدومة (Servicable) سهلة التشغيل وكانت منتشرة الاستخدام فى الماضى إلا أن لها بعض عيوب (بالإضافة إلى عدم إمكانها التأثير بأحمال كبيرة) منها شغلها مساحة كبيرة نسبياً من أرضية المعمل وكذلك حدوث ضوضاء واهتزاز (Noise and Vibration) ناتجة من الطريقة الميكانيكية للتشغيل كما أن تآكل نقط الارتكاز ذات الحد السكينى - ولو قليلا - مع الزمن يؤثر على دقة قراءة المكنة .

ب - المكنة الهيدروليكية : (Hydraulic Machine) الشكلان (٢ - ١٣ ، ٢ - ١٤)

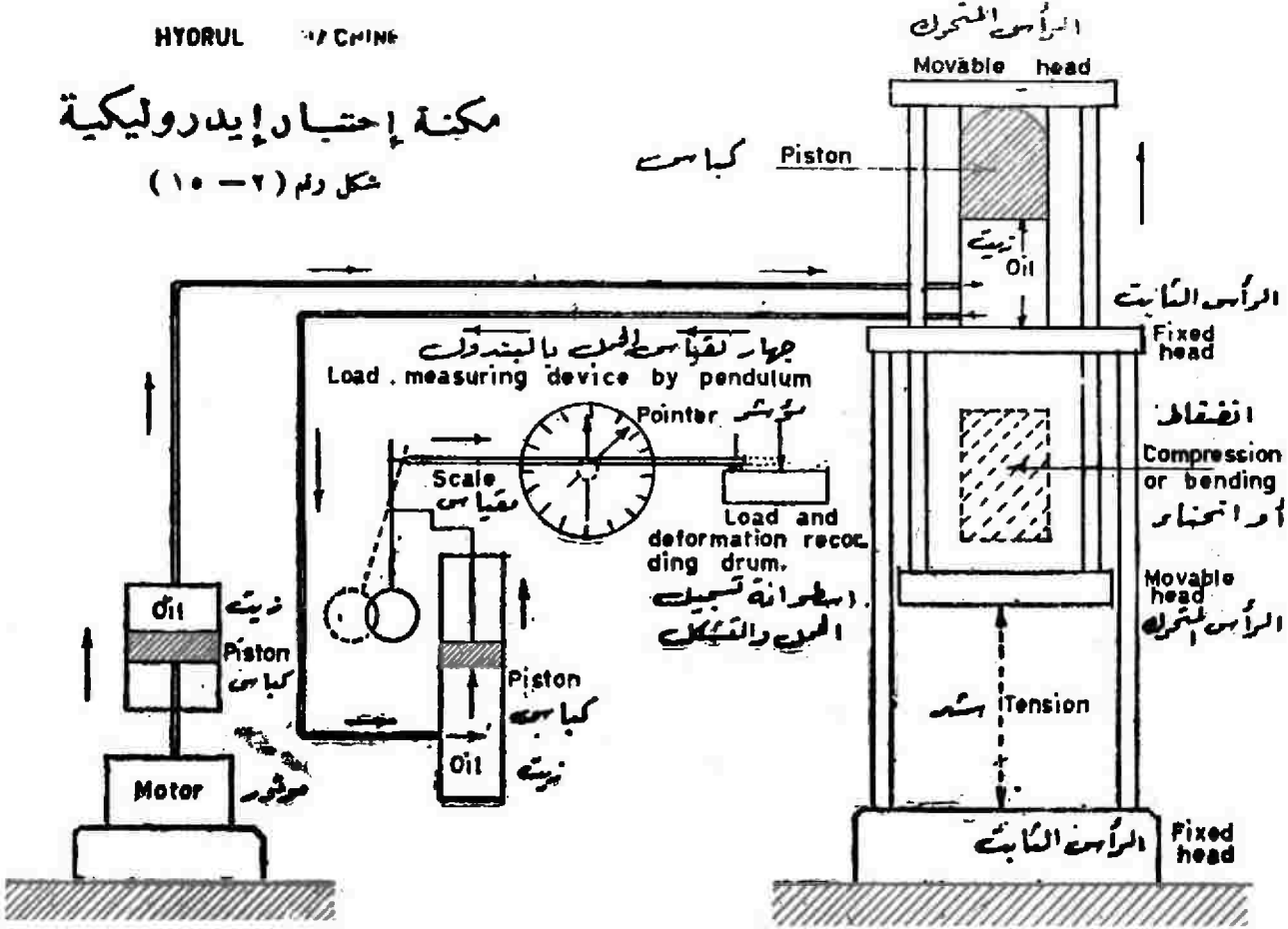
يوجد لهذه المكنة أيضاً رأس ثابت وآخر متحرك ولكن حركة الرأس المتحرك (المسبب للأحمال المؤثرة على العينات المختبرة) تكون بواسطة الضغط الهيدروليكى للزيت.

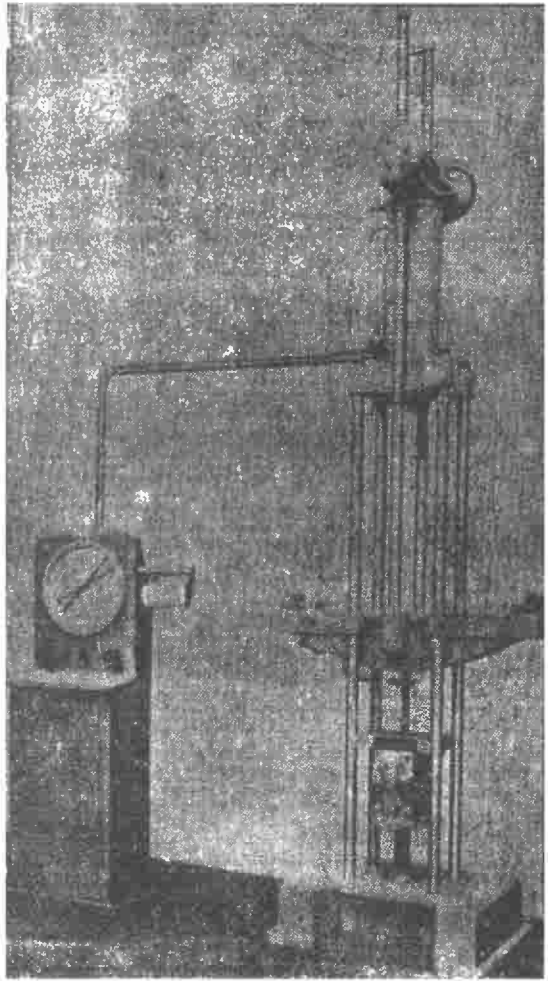
والرسم الكروكى المبين فى كل من شكل (٢ — ١٥) ؛ (٢ — ١٦) يبين طريقة تشغيل مكنة الاختبار الهيدروليكية، وفيها يضغط الزيت بتشغيل الموتور الكهربائى والمضخة الهيدروليكية ويرتفع المكبس ويرفع معه الجزء المتحرك من المكنة فيسبب شداً على قطعة الاختبـــار المثبتة بينه وبين الجزء الثابت من المكنة أو ضغطا أو انحناء على قطعة الاختبار الموجودة أعلاه ، ولقياس الحمل المؤثر على قطعة الاختبار ينقل ضغط السائل الموجود فى الاسطوانة بواسطة ماسورة إلى اسطوانة أخرى صغيرة ويكون نتيجة هذا الضغط أن يتحرك المكبس تبعاً لذلك فيؤثر العمود المتصل مباشرة بالمكبس على البندول الذى ينقل حركته إلى المؤشر الذى يتحرك على مقياس مدرج ليبين مقدار الحمل الواقع على قطعة الاختبار. ويلاحظ فى مكنات الاختبار الهيدروليكية أن وجود فقاعات من الهواء فى دورة السائل (الزيت) ينتج عنها عدم الدقة فى القراءات التى تحصل عليها ، لذلك يجب عند إجراء أى إصلاح بالمكنة - يحتمل معه تسرب هواء فى دورة الزيت - القيام بعملية طرد فقاعات الهواء قبل تشغيل المكنة . كما يلاحظ فى

HYDRUL ... CHINE

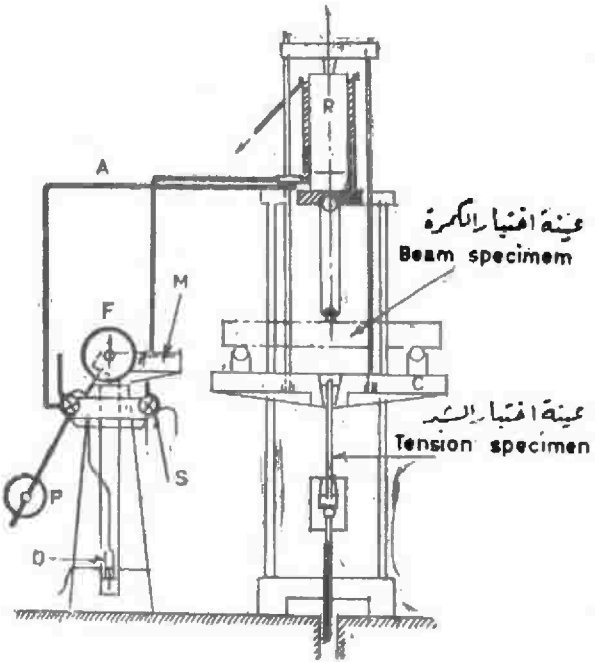
مكنة إختبار إيدروليكية

شكل رقم (٢ — ١٠)





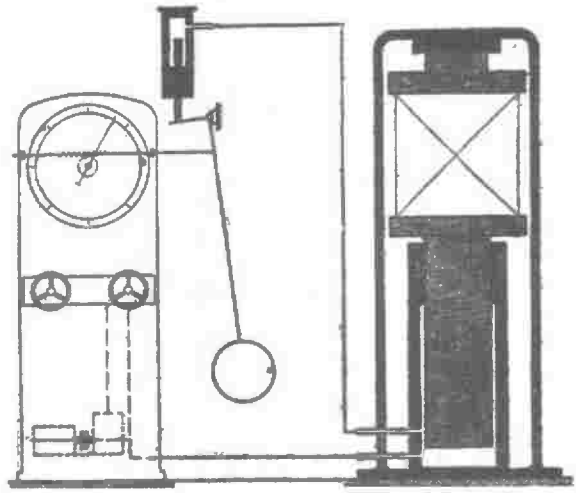
شكل رقم (٢ — ١٣) مكنة هيدولكية عامة

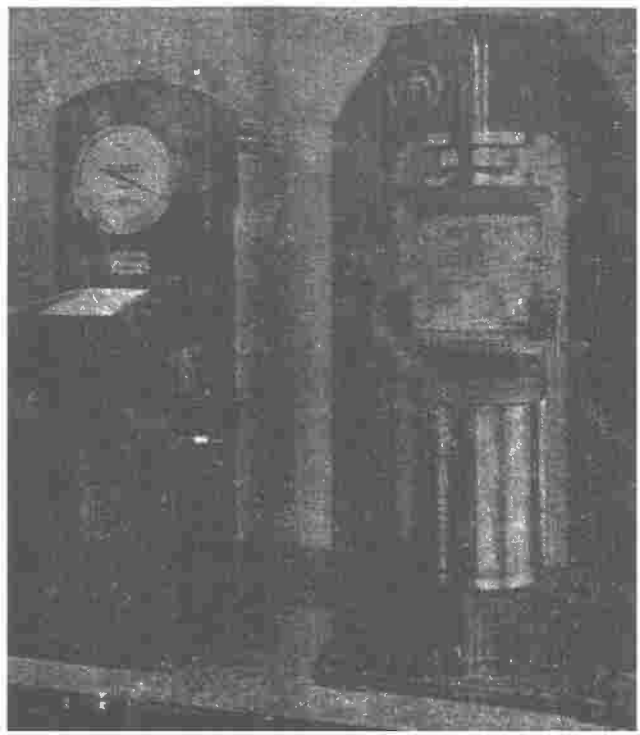


HYDRAULIC TESTING MACHINE

مكنة اختبار هيدروليكية

شكل رقم (٢ — ١٤)





شكل رقم (٢ ـ ١٦) مكنة اختبار هيدروليكية للضغط

المكنات الهيدروليكية أنه يمكن تغيير ثقل أو ذراع البندول — أو الاثنين معاً — ويصحب ذلك تغيير المقياس المدرج بآخر مرادف له ومدرج تبعاً للثقل الجديد . وهذا يمكننا من جعل سعة ودقة المكنة مناسبة للحمل الذى يمكن أن تتحمله قطعة الاختبار .

ومكنات الاختبار الهيدروليكية هى الوسيلة الوحيدة للتأثير بأحمال كبيرة أى تعتبر ذات سعة كبيرة فى التحمل ويلاحظ ذلك من أن أكبر مكنة موجودة تعطى حمل ضغط قدره حوالى ٤٥٠٠ طن كما أنه توجد مكنات هيدروليكية تتراوح سعتها بين ٢٠ طن إلى ٢٠٠٠ طن للاستخدام المعملى العادى فى الوقت الحاضر ، وتعتبر مكنات الاختبار الهيدروليكية منتشرة الاستخدام فى معامل اختبار المواد ويفضل استخدامها عن المكنات ذات الترس واللولب نظراً لسرعة وسهولة التأثير بالحمل وإمكان التحكم الدقيق فى معدل تلك السرعة مع قلة أو انعدام تواجد الاهتزازات والضوضاء .

ثالثا ـ طرق قياس الاحمال بمكنات الاختبار

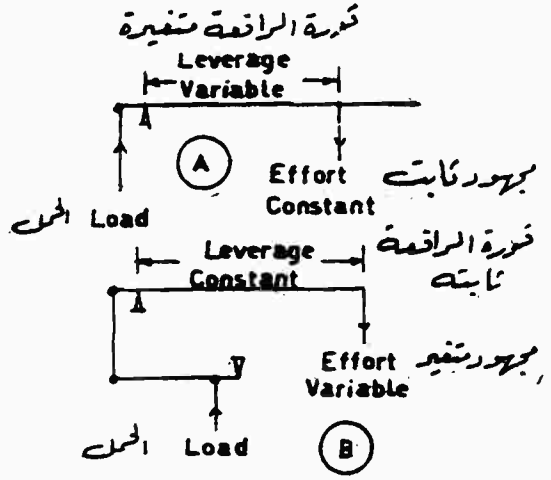
يمكن قياس قيمة الحمل الذى تؤثر به مكنة الاختبار على العينة المختبرة فى أية لحظة من لحظات التحمل بإحدى الطرق الآتية .

١ — أوزان القياس : (Measuring Weights)

عند استعمال أوزان القياس للتأثير بالحمل على قطعة الاختبار تكون هذه الأوزان فى نفس الوقت مقاساً للحمل ولكن هذه الطريقة تكاد لا تستعمل إلا فى أضيق الحدود .

٢ — أوزان القياس والرافعة ذات النسبة الثابتة : (شكل ٢ — ١٧)

باستخدام رافعة أفقية يمكن موازنة الحمل الذى يؤثر على الذراع القصير لهذه الرافعة بأوزان قياس معروفة تؤثر على الذراع الطويل للرافعة من نهايته وينذر استخدام هذه الطريقة فى مكنات الاختبار وذلك لبطء طريقة موازنة الحمل المؤثر (Applied Load) على قطعة الاختبار بزيادة الأوزان على الذراع الطويل .



PRINCIPLE OF LEVER-TYPE TESTING MACHINES (A) SINGLE-LEVER (B) COMPOUND-LEVER

نظرية مكنات الأختبار طراز الرافعة

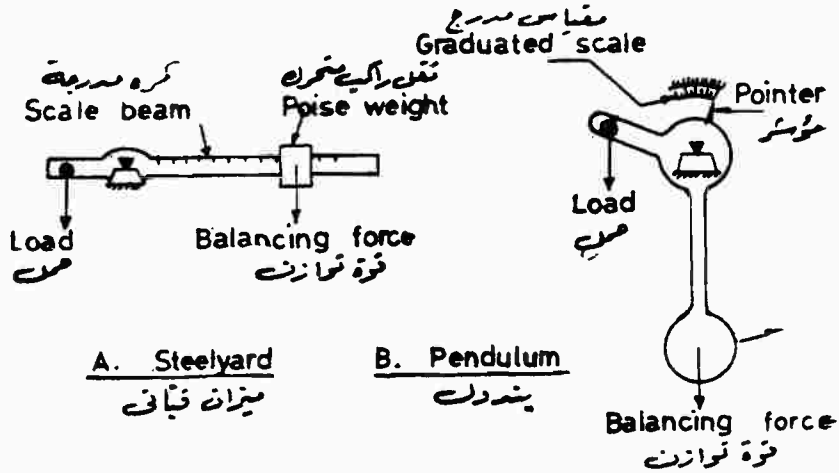
(A) رافعة مفردة (B) رافعة مركبة

شكل رقم (٢ — ١٧)

٣ — الوزن الثابت والرافعة المتغيرة : (شكل رقم ٢ — ١٨)

وتستخدم هذه الطريقة فى كثير من مكنات الاختبار وتتلخص فى موازنة الحمل الذى يؤثر على قطعة الاختبار المثبتة فى الذراع القصير لرافعة أفقية بواسطة ثقل ثابت يتحرك على الذراع الطويل الذى يدرج بحيث يعطى قيمة الحمل المؤثر على قطعة الاختبار مباشرة وذلك عندما تتزن الرافعة وتأخذ وضعاً أفقياً . وكثيراً مايسمى ثقل الموازنة الذى يحرك لموازنة الحمل بالثقل الراكب (شكل ٢ — ١٨ A) .

وهناك طريقة أخرى تأخذ فيها الرافعة شكل البندول (شكل ٢ — ١٨ B) وتمتاز هذه الطريقة عن طريقة الراكب فى أن الأجهزه تحتاج إلى تحريك الثقل لموازنة الحمل فى حين أن الموازنة فى طريقة البندول تحدث تلقائياً . ويبين المؤشر الذى



WEIGHING BY VARIABLE LEVER

الوزن بالرافعة المتغيرة

شكل رقم (٢ — ١٨)

يتحرك على مقياس مدرج قيمة الحمل مباشرة ، ويلاحظ أن البندول يكون عادة على شكل رافعة مركبة وذلك حتى يمكن موازنة الأحمال الكبيرة بأثقال ذات قيمة معتدلة.

٤ — الضغط الهيدروليكى :

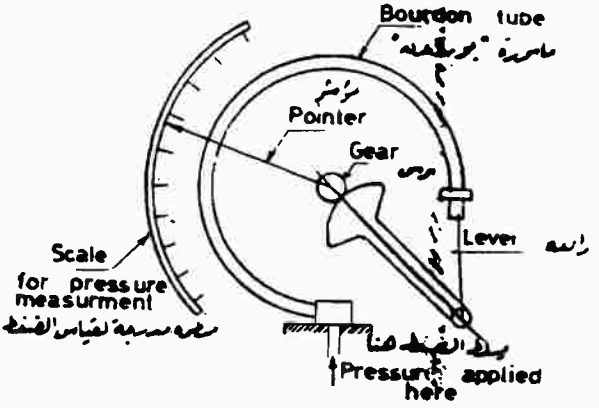
يمكن قياس أى حمل بقياس الضغط الناتج من التأثير بهذا الحمل على سائل ما محبوس فى وعاء أو أنبوبة ، وهناك وسيلتان معروفتان لقياس الأحمال بهذه الطريقة وهما .

ـ المانومتر .

أنبوبة بوردن (**Bourdon tube**) .

المانومتر عبارة عن أنبوبة زجاجية تثبت فى وضع رأسى ويوضع بها سائل كالزئبق يمكن له أن يرتفع إلى مستوى معين بحيث يوازن الضغط الواقع عليه من تأثير الحمل الذى يبين بقيمة تدريج الأنبوبة المقابل للمستوى الذى يصل إليه السائل .

ومن الواضح أن استعمال المانومتر يقتصر على قياس الأحمال البسيطة ويجوز استعماله لقياس أحمال أكبر باستخدام رافعة تنقص من قيمة الحمل الذى يؤثر على السائل .



BOURDON TUBE FOR MEASUREMENT OF LOADS

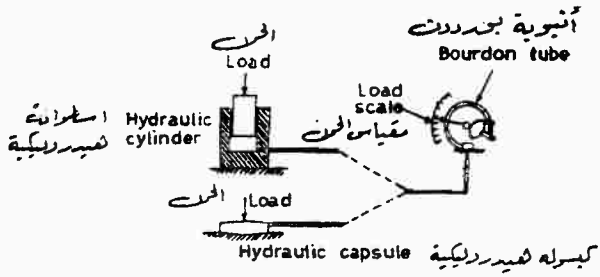
ماسورة "بوردون" لقياس الأحمال

شكل رقم (٢ — ١٩)

أما أنبوبة بوردن (شكل ٢ — ١٩) فهى عبارة عن أنبوبة معدنية مسدودة الطرف على شكل منحن يتغير انحناؤها ويتحرك طرفها عند تغيير ضغط السائل بداخلها تحت تأثير الحمل وتكبر حركة طرفها بواسطة الترسين المتصلين بها وتسبب حركة الترس الصغير حركة المؤشر على مقياس مدرج ليبين قيمة الحمل المؤثر .

ويلاحظ أن دقة القياس عند استعمال أنبوبة بوردون تتأثر تأثراً مباشراً بتغير درجة الحرارة وبالاحتكاك الناتج من حركة أجزائها وكذلك من تأثير فقد بعض الطاقة أثناء حركة الأنبوبة ، ويمكن نقل الحمل المراد قياس قيمته بواسطة اسطوانة هيدروليكية ومكبس أو بواسطة كبسولة مطاط مقفلة (شكل ٢ — ٢٠) .

ولقياس الأحمال الكبيرة يمكن استعمال مجموعة من الاسطوانات ذات مساحات مقطع مختلفة وذلك لإنقاص الحمل بدلا من استعمال رافعة مركبة . وفى حالة الاسطوانة والمكبس يلاحظ أن تسرب السائل من بينهما والاحتكاك بين المكبس وسطح



WEIGHING BY HYDRAULIC PRESSURE

الوزن بالضغط الهيدروليكي

شكل رقم (٢ — ٢٠)

الاسطوانة الداخلي من أهم عيوب هذه الطريقة فى حين أن طريقة الكبسولة لا يحدث فيها احتكاك يذكر ، وثبتت صلاحيتها من نواح كثيرة ، ولقد شاع استعمالها نتيجة لذلك .

٥ — الدينامو ميترات : (Dynamomers)

عبارة عن أجهزة تستخدم عادة لقياس الطاقة ، ولما كان قياسها يتحدد بقياس القوة (Force) وقيمة أخرى معها فان لفظ الدينامومتر يطلق غالباً على الأجهزة التى تمكن من قياس الأحمال ذاتياً . وتتلخص فكرة عمل كثير من الدينامومترات فى قياس التشكلات أو سهم الانحناء الذى يحدث فى جسم مرن نتيجة للتأثير بالحمل . وتستخدم هذه القياسات كأساس فى تقدير القوى المؤثرة على الجهاز على أنه فى بعض الأحيان قد يستخدم الضغط الناتج فى كبسولة هيدروليكية كأساس لتقدير القوى المؤثرة على الجهاز .

وعادة يوضع الدينامومتر فى دائرة القوى التى يراد قياسها (أو قياس جزء معين منها) وبمعايرة الدينامومتر تحت تأثير أحمال معروفة يمكن معرفة قيمة القوى المراد قياسها وذلك بقراءتها على مقياس مدرج أو باستخدام عامل معايرة (Calibration Factor) مع التشكلات أو سهم الانحناء الذى يحدث .

وفى مكنات اختبار المواد يستعمل عادة نوعان من الدينامومترات أحدهما يستخدم

ميزانا زنبركيا (Spring Balance) مصنوعا من لولب ملفوف تماما (Closely Wound) ويمكن بواسطته القياس المباشر للحمل الواقع على عينات صغيرة . وقد يكون متصلا برافعة مركبة أو مجموعة هيدروليكية .

والنوع الثانى يقاس الحمل فيه عن طريق سهم الانحناء المرن لقضيب أو هيكل (Frame) أو حلقة بدلا من الميزان الزنبركى المستخدم فى النوع الأول ، وفى بعض الأحيان تلحق مقاييس الانفعال السلكية باستخدام المقاومة الكهربية وذلك بصفة دائمة على بعض الأجهزة المرنة وتستخدم كديناموميتر .

رابعا — التحكم فى سرعة التحميل فى مكنات الاختبار

يمكن تغيير سرعة التحميل فى مكنات الاختبار ذات الترس واللولب بتغيير سرعة الرأس المتحرك ويكون ذلك بتغيير النسبة بين أسنان مجموعة التروس التى تحركها أو بتغيير سرعة الموتور الكهربائى الذى يحرك التروس نفسها .

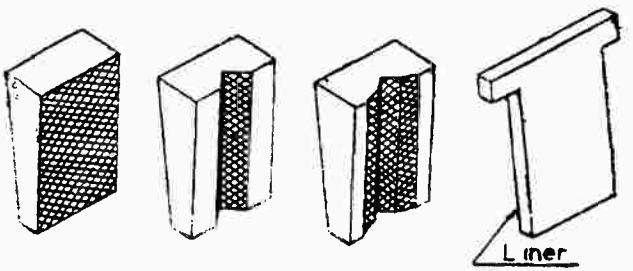
أما فى مكنات الاختبار الهيدروليكية فان سرعة التحميل يمكن تغييرها إما باختيار السرعة المناسبة للمضخة التى تدفع السائل إلى الاسطوانة أو التحكم فى دخول السائل إلى الاسطوانة بواسطة صمامات (Valves) توضع خصيصا لذلك — وفى مثل هذه المكنات يوجد مقياس مدرج ليبين سرعة التحميل يتحرك عليه ذراع (يبين سرعة التحميل) وبملاحظته يمكن ضبط سرعة المضخة بحيث تتمشى مع سرعة التحميل المطلوبة .

خامسا — طرق تثبيت ووضع العينة بمكنة الاختبار

تثبت العينة المختبرة بالمكنة تبعا لحالة التحميل وشكل ونوع العينة ، وفى حالة اختبار الشد تستخدم كلابات خابورية (Wedge Grips) أو ماسكات أخرى لتثبيت العينة كما يتبين من الأشكال (٢ — ٢١ ، ٢ — ٢٢ ، ٢ — ٢٣) وفى حالة اختبار الضغط توضع العينة بين لوحين معدنيين وذلك بين وجهى مكنة الاختبار كما فى

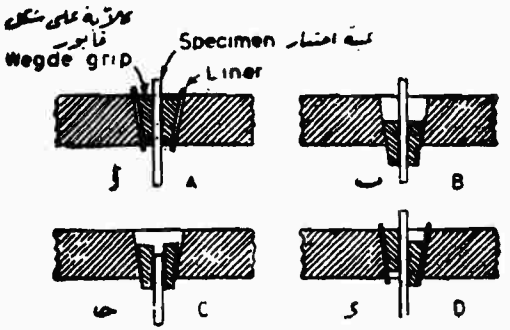
شكل رقم (٢ — ٢٤) . وفى حالة اختبار الانحناء توضع العينة فى المكنة على مرتكزين (Supports) وتحمل فى نقطة المنتصف أو فى نقطتين كما يتضح من الشكل رقم (٢ — ٢٥) وفى حالة اختبار الشى البارد يكون وضع العينة بالمكنة كما هو مبين بالشكل رقم (٢ — ٢٦) .

وفى حالة اختبار الحبال السلك (Wire Ropes) والحبال من الألياف النباتية مثل



WEDGE - GRIP - UNITS FOR TENSION TESTS OF METALS

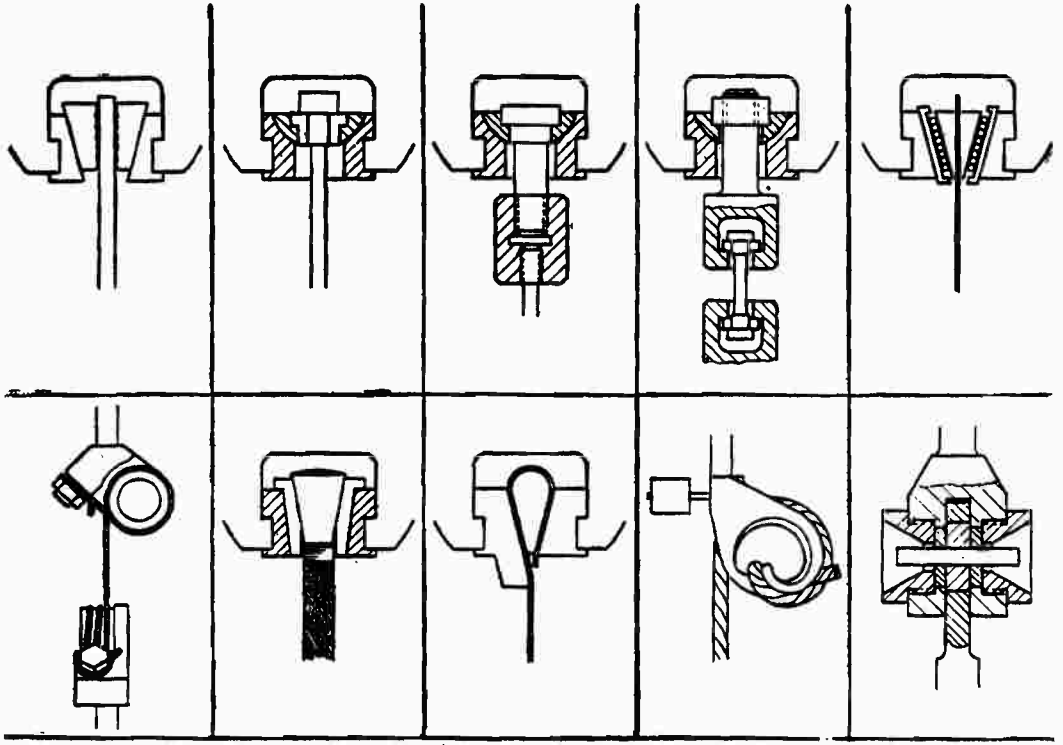
وحدات الكلابات الخابورية لاختبارات الشد للمعادن



CORRECT (A) AND FAULTY SETTING (B,C, and D) OF WEDGE GRIPS

الوضع الصحيح (أ) للكلابات الخابورية والأوضاع الخطأ (ب ، حـ ، د)

شكل رقم (٢ — ٢١)



شكل رقم (٢ـ ٢٢) الطرق المختلفة تثبيت عينات الشد بمكنة الاختبار

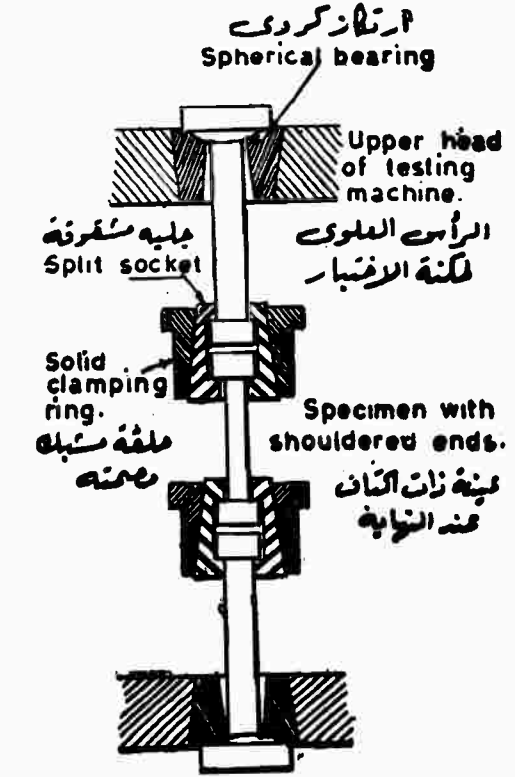
حبال المانيلا (Manila Ropes) وذلك فى تحميل الشد ويكون تثبيت طرفى الحبل كما هو مبين بالشكل (٢ — ٢٢) . كما توجد طرق أخرى متنوعة لتثبيت العينات بالمكنة تتفق مع طبيعة الاختبارات الأخرى ومع حجم العينة المختبرة .

سادسا ــ الاشتراطات الواجب توافرها فى مكنات الاختبار

إن الاشتراطات اللازمة لمكنات الاختبار يمكن إجمالها فيما يلى :

١ ــ يجب أن تكون المكنة دقيقة (Accurate) فى بيان الحمل على طول مدى الحمل التى يمكن أن تؤثر به المكنة . ويمكن التجاوز عن الأخطاء (Errors) التى تقل عن ١٪ من قيمة الحمل وغالباً تكون أقل من ٠,٥٪ .

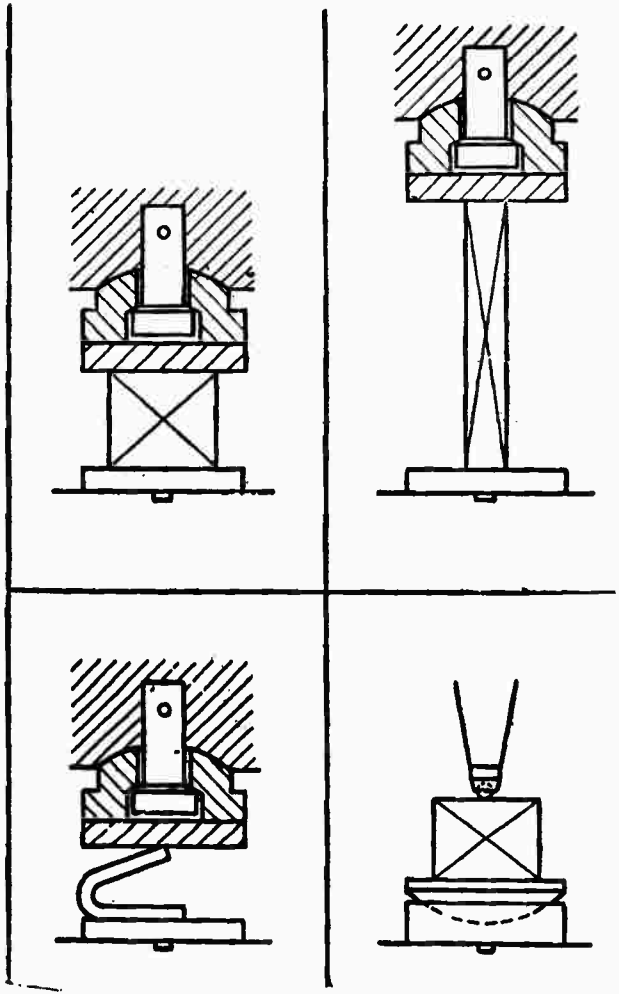
٢ ــ يجب أن تكون المكنة حساسة (Sensitive) لإمكان بيان التغير فى الأحمال



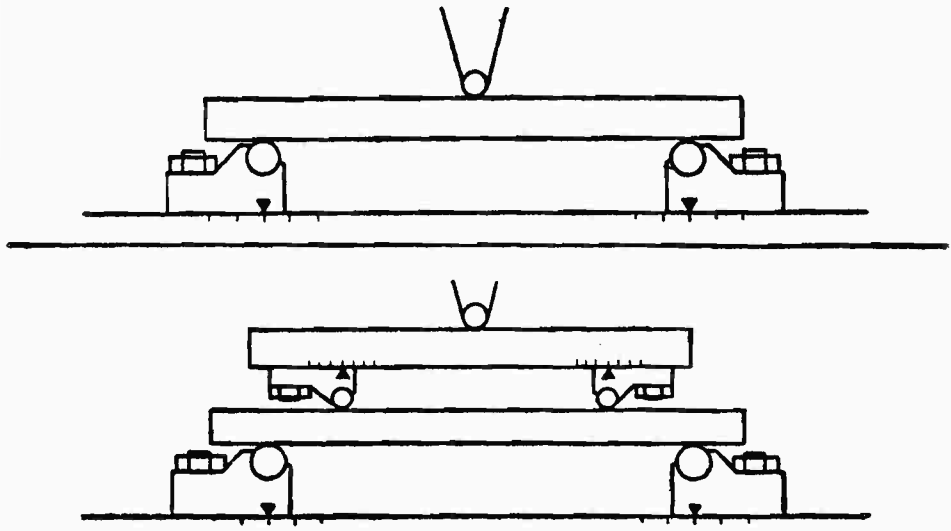
GRIPPING DEVICE FOR SHOULDERED END SPECIMENS.

كلابات عينات الاختبار ذات الاكتاف عند النهاية

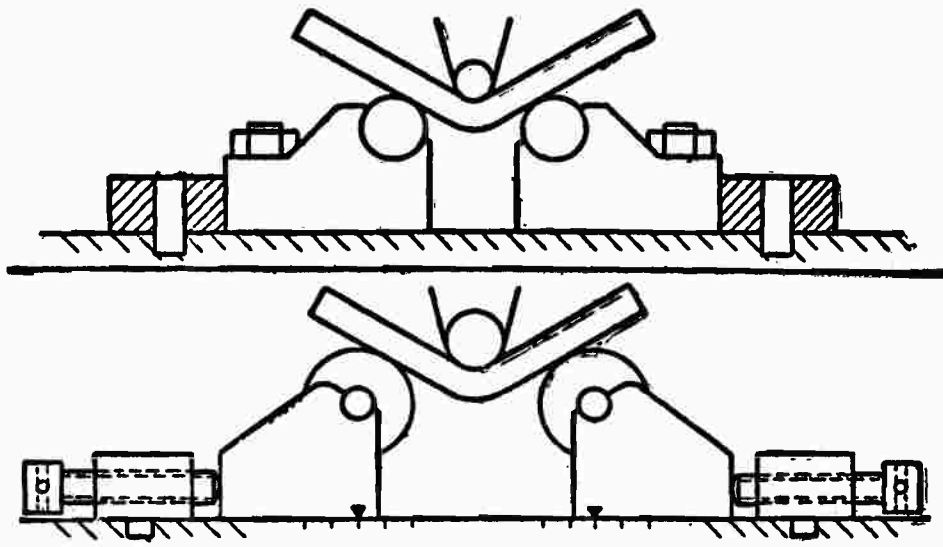
شكل رقم (٢ - ٢٣)



شكل رقم (٢ - ٢٤) عينات محملة بالضغط بمكنة الاختبار



شكل رقم (٢ — ٢٥)
الركائز المستخدمة فى إجراء اختبار الانحناء



شكل رقم (٢ — ٢٦)
الركائز المستخدمة فى إجراء اختبار الثنى على البارد

الصغيرة أى يمكنها تسجيل تغيير فى الحمل قدره ٠,٠٥ ٪ من قيمة الحمل .

٣ — يجب أن يكون كل من فكى (Jaws) المكنة متمركزاً على استقامة واحدة (In Alignment) مع الفك الآخر .

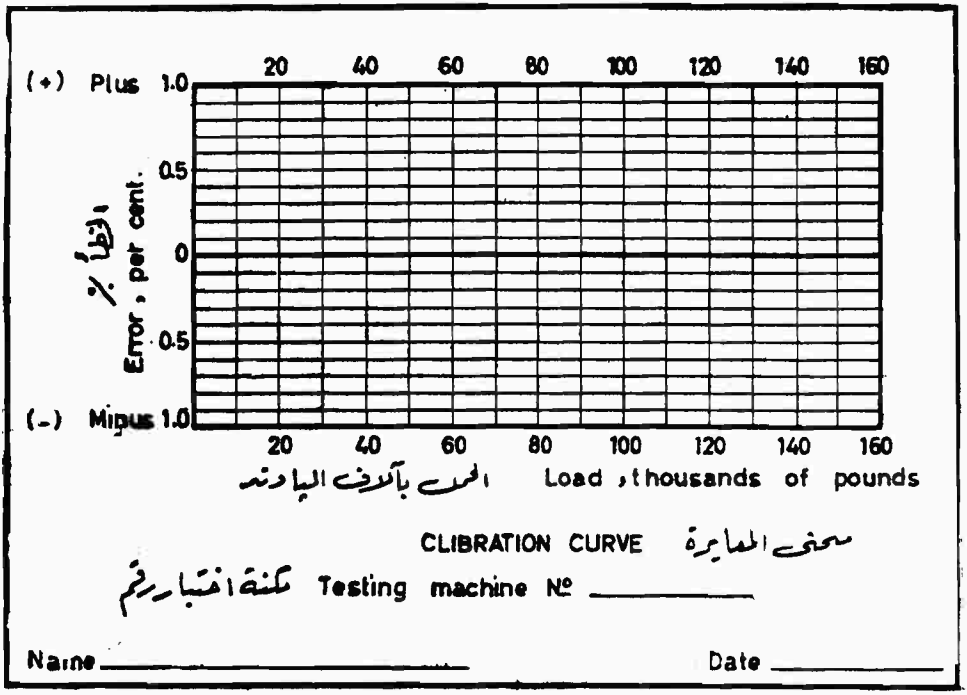
٤ — يجب ألا يسمح للفك المتحرك للمكنة بالدوران أو الالتواء أو التحرك جانبياً حتى لا يغير ذلك من حالة الحمل المؤثر به على العينة المختبرة .

٥ — يجب أن يكون التأثير بالحمل منتظماً ويمكن التحكم فيه وأن يكون فى حدود سرعة معينة .

٦ — يجب أن تكون المكنة خالية من الاهتزازات الشديدة حتى لا يؤثر ذلك فى التحميل وفى نتائج الاختبارات .

سابعاً ـ معايرة مكنات الاختبار

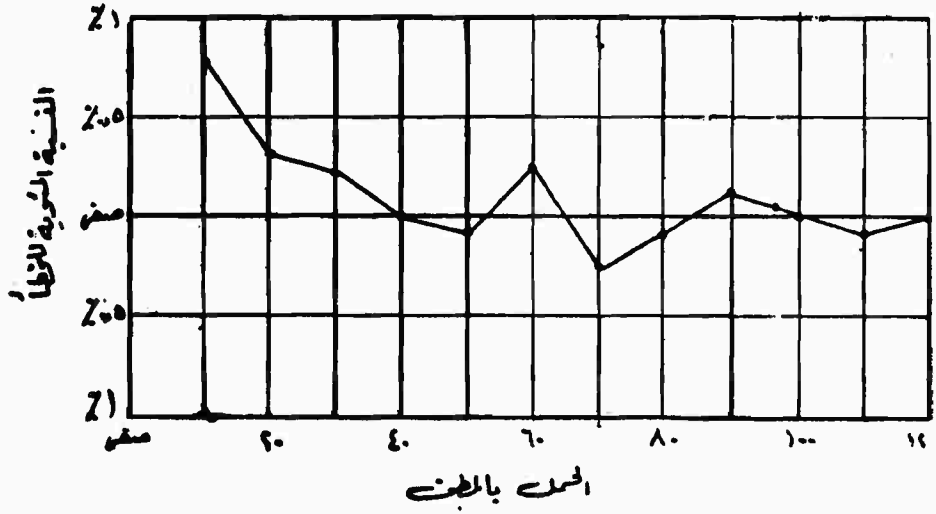
يلزم معايرة مكنات الاختبار العامة من وقت إلى آخر للتأكد من أن القراءات التى تبينها دقيقة وتمثل تماماً قيمة الحمل المؤثر به على العينات المختبرة ، وتكون المعايرة الأولية للمكنات من عمل الصانع ، أما المعايرات التى تلى ذلك فتكون من اختصاص معامل الاختبار التى تستخدم هذه المكنات ، وتجرى المعايرة على فترات زمنية لا تتعدى سنتين ، كما يجب إجراؤها عند نقل المكنة من مكان إلى آخر . وتكون المعايرة بالتأكد من دقة بيانات التحميل فى حدود السماح التى تحددها المواصفات على أن يكون ذلك للأحمال المختلفة تبدأ من الصفر وتزاد تدريجياً حتى الحمل الأقصى للمكنة . وتستخدم أجهزة مختلفة لإجراء المعايرة تبين قيمة الحمل الصحيح الذى تؤثر به المكنة ثم تسجل قراءات المكنة المقابلة لهذا الحمل ومنها تحدد النسبة المئوية لخطأ تحميل المكنة ، ثم بتكرار ذلك للأحمال المختلفة حتى أقصى سعة للمكنة يمكن رسم المنحنى البيانى للمعايرة (شكل ٢ — ٢٧) . ويوضح ذلك المثال الآتى والشكل رقم (٢ — ٢٨) .



Sample sheet for plotting calibration curve of testing machine in experiment coordinate scale shown for load may be modified to conform to the capacity of machine calibrated.

مثال للوحة توقيع منحنى المعايرة لمكنة اختبار . يمكن تعديل المحور المبين لمقياس الحمل ليطابق سعة المكنة المطلوب معايرتها

شكل رقم (٢ — ٢٧)



المنحنى البياني للمعايرة

شكل رقم (٢ — ٢٨)

قراءة جهاز المعايرة ــ كجم	قراءة المكنة ــ كجم	النسبة المئوية للخطأ
١٠٠٠٠	١٠٠٨٠	+ ٠و٨٠
٢٠٠٠٠	٢٠٠٦٠	+ ٠و٣٠
٣٠٠٠٠	٣٠٠٤٠	+ ٠و٣٠
٤٠٠٠٠	٤٠٠٠٠	صفر
٥٠٠٠٠	٤٩٩٥٠	— ٠و١
٦٠٠٠٠	٦٠١٢٠	+ ٠و٢
٧٠٠٠٠	٦٩٧٩٠	— ٠و٣
٨٠٠٠٠	٧٩٤٢٠	— ٠و١
٩٠٠٠٠	٩٠٠٩٠	+ ٠و١
١٠٠٠٠٠	١٠٠٠٠٠	صفر
١١٠٠٠٠	١٠٩٨٩٠	— ٠و١
١٢٠٠٠٠	١٢٠٠٠	صفر

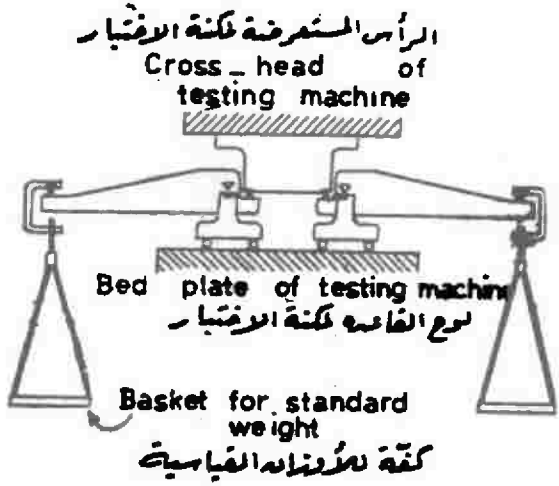
وتتوقف الطريقة المتبعة فى معايرة مكنة الاختبار على مدى الدقة المطلوبة ، وعادة تكون المعايرة باحدى الطرق الآتية :

(ا) الأثقال الثابتة : (Dead Weights)

وتعتبر هذه الطريقة أبسط وأسهل الطرق وتكون بتعليق حمل ثابت معلوم مباشر بفك مكنة الاختبار ثم قراءة تدريج المكنة المناظر لهذا الحمل . وهذه الطريقة غير عملية وتصلح فقط للمكنات الصغيرة نظراً لصغر الحيز بالمكنة الذى يعلق به الحمل علاوة على أن رفع الحمل لتعليقه بالمكنة يكون صعباً ولا يمكن إجراؤه فى الأحمال الكبيرة .

(ب) الأوزان والروافع : (Levers and Weights)

يمكن تكبير مدى استعمال طريقة الأوزان فقط فى معايرة مكنات الاختبار وذلك باستعمال فكرة الروافع مع الأوزان . وعادة تكون بالنسبة بين ذراعى الرافعة ١٠ : ١ وبالتالى يمكن تكبير مدى المعايرة عشر مرات . والأشكال رقم



PROVING LEVERS

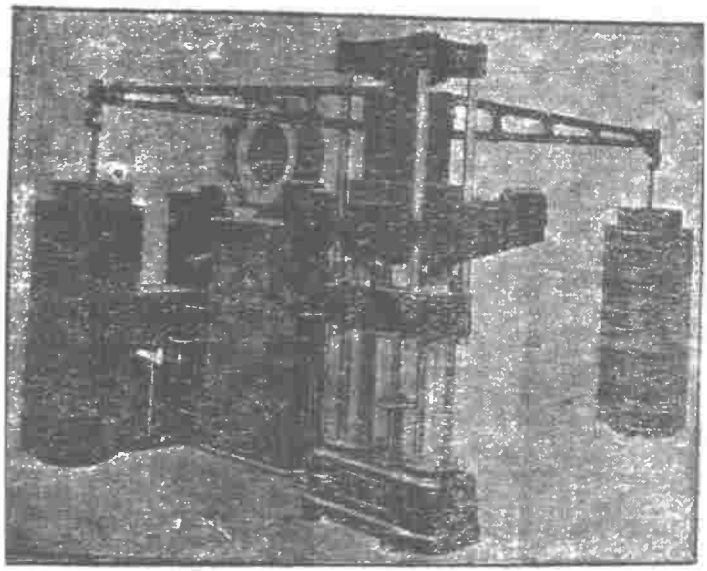
روافع اختبار

شكل رقم (٢ ــ ٢٩)

(٢ ــ ٢٩ ، ٢ ــ ٣٠) تبين جهاز روافع الاختبار (Proving Levers) وهو يوضح إحدى التركيبات المألوفة المبنية على هذه الفكرة ، ولمعايرة مكنات الاختبار الأفقية بهذه الطريقة يستخدم نوع من الروافع يسمى « روافع ذراع الجرس » (Bell Crank Levers) وفيه يكون أحد ذراعى الرافعة عموديا على الآخر ، وهذه الطريقة للمعايرة محدودة الاستعمال أيضاً نظراً لصعوبة نقل وحمل الأثقال والأذرع كما أنه لا يمكن بها معايرة حمل أكثر من ٢٠ طنا .

حـ ــ الأجهزة المرنة للمعايرة : (Elastic Devices)

تتضمن طريقة المعايرة بالأجهزة المرنة تعريض جهاز المعايرة إلى التحميل بمكنة الاختبار فيحدث به تشكل مرن (Elastic Deformation) ويمكن قياس ذلك التشكل بمنتهى الدقة بمقياس متصل بالجهاز فتكون قيمة التشكل متناسبة مع قيمة الحمل الذى تؤثر به المكنة ، ويمكن بمعرفة ثابت الجهاز الذى يعطى بواسطة الصانع



شكل رقم (٢ — ٣٠) معايرة مكنة الاختبار بجهاز روافع الاختبار

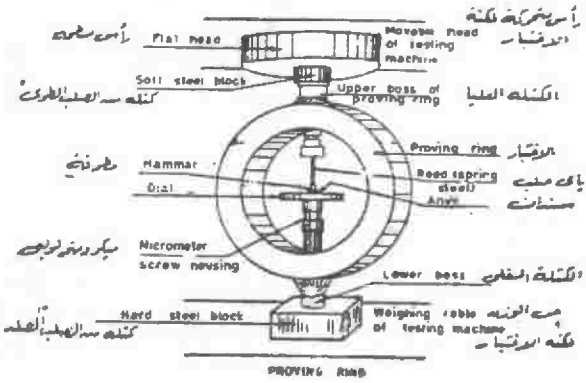
تحديد قيمة الحمل الحقيقى الذى تؤثر به المكنة كما يمكن قراءة تدريجات مقياس الحمل بالمكنة ثم مقارنة كل من الحالتين لإجراء المعايرة ، ومن أنواع تلك الأجهزة المرنة للمعايرة ما يأتى .

١ — قضيب السلب القياسى : (Standard Steel Bar)

يوجد مع هذا القضيب رسم بيانى يبين القيمة الدقيقة للانفعال الذى يحدث به نتيجة الحمل فى حدود المرونة . ولإجراء القيمة يوضع القضيب بين فكى مكنة الاختبار ويعرض لحمل شد معين تبينه المكنة . ثم يعين الانفعال المصاحب لهذا الحمل من قراءة جهاز الانفعال الذى يوضع على القضيب قبل بدء الاختبار . ومن قيمة هذا الانفعال ومن الرسم البيانى الخاص بالقضيب سالف الذكر يعين الحمل الصحيح الذى يسبب الانفعال المذكور . ويقارن هذا الحمل الصحيح بالحمل الذى تبينه مكنة الاختبار .

٢ — حلقة المعايرة : (Proving Ring)

يبين الشكل رقم (٢ — ٣١) الأجزاء الرئيسية لحلقة المعايرة . وتشكل حلقة المعايرة بالتشغيل بالمكنات من صلب صلد مصنع ومعرض لمعاملة حرارية بمنتهى العناية



حلقة الأختبار لمعايرة المكنات

شكل رقم (٢ — ٣١)

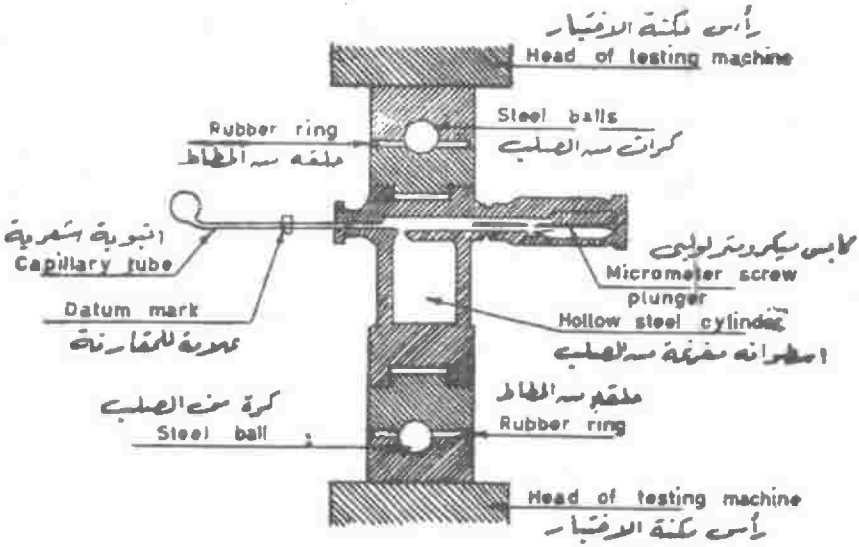
ويتكون الجزء الخاص بالمقياس من ميكرومتر لولبي (Screw Micrometer) دقيق يحمل قرص (Dial) مدرج بمنتهى الدقة . ويوجد فى وسط القرص كرة من الصلب تعمل كسندان (Anvil) ويتصل ياى ورق صغير (Leaf Spring) رفيع السمك بحلقة الضبط فوق الميكرومتر اللولبي مباشرة حيث يحمل ذلك الياى فى طرفه السفلى ساند مصلد (Hardend pad) بشكل مطرقة (Hammer) وعند إجراء المعايرة توضع حلقة المعايرة بمكنة الاختبار بحيث تكون المطرقة بعيدة عن السندان فى حالة إجراء التحميل بالضغط ، أو تكون المطرقة ملامسة للسندان فى إجراء التحميل بالشد ، ثم تسجل قراءة الميكرومتر . ثم تحمل الحلقة (فتقرب المطرقه من السندان فى حالة الضغط وتبعد المطرقة عن السندان فى حالة الشد) ثم يدار القرص يدوياً حتى تلامس المطرقة السندان وتسجل قراءة الميكرومتر ثانية ويتأكد من الملامسة المذكورة بالسمع أو بالنظر ، ويحسن أن يكون ذلك عن طريق استخدام دائرة كهربائية تضيء لمبة صغيرة أو تحدث رنيناً عند التلامس ثم يعين الفرق بين قراءتى الميكرومتر فيكون هو التشكل المرن الحادث بالحلقة نتيجة التحميل، وتوجد رسومات بيانية خاصة يجهزها صانع الحلقة تبين العلاقة بين قراءة الميكرومتر وقيمة الحمل الحقيقية المناظرة لها .

ومن هذه الرسومات يمكن تعيين الحمل الحقيقى ، وبمقارنته بالحمل المبين بمقياس المكنة يمكن إجراء المعايرة لأى حمل .

وتستخدم حلقة الاختبار مفردة أو قد تستخدم مجموعات من هذه الحلقات فى حالة معايرة المكنات ذات السعات العالية .

٣ — صندوق المعايرة القياسى : (Standardising Box)

يبين الشكل رقم (٢ - ٢٢) الصندوق القياسى أمسلر (Amsler) وهو عبارة



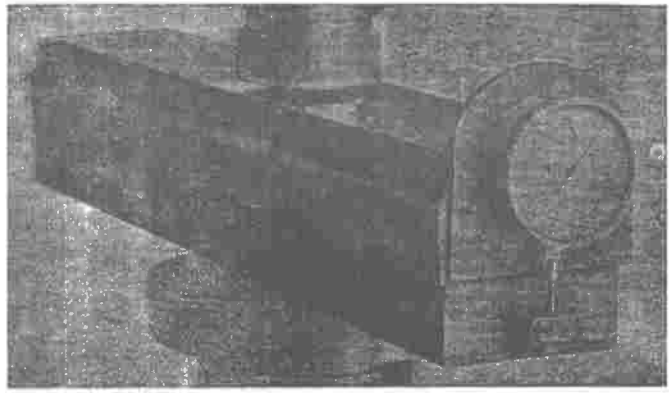
STANDARDIZING BOX

صندوق المعايرة

شكل رقم (٢ — ٣٢)

عن إسطوانة حديدية مفرغة مقفلة تماماً ومملوءة بالزئبق وهو الذى يقيس الاحمال بزيادة أو نقص حجمه . ويتم ذلك بتجهيز أحد جوانب الإسطوانة بأنبوبة شعرية أفقية تنتهى ببصلة زجاجية (Glass bulb) ويوجد فى مواجهة الأنبوبة من الجانب الآخر تماماً ميكرومتر لولبى يحرك دافعة (plunger) ويتصل كل من الأنبوبة الشعرية والميكرومتر اللولبى بداخل الأسطوانة المملوءة بالزئبق . وعند بدء الاختبار يحرك الميكرومتر حتى يكون عمود الزئبق فى الأنبوبة الشعرية منطبقاً على علامة الإسناد

(Datum Mark) وتؤخذ قراءة الميكرومتر . وعند تحميل الصندوق القياسى بحمل ضغط فإن نقص الحجم الداخلى للصندوق يطرد الزئبق فى الأنبوبة الشعرية . ثم يدار الميكرومتر ليحرك الرافعة إلى الخارج من الأنبوبة الشعرية (فيحل محلها الزئبق المطرود بالأنبوبة) حتى يعود عمود الزئبق لينطبق ثانية على علامة الإسناد ثم تؤخذ قراءة الميكرومتر، ويكون الفرق بين قراءتى الميكرومتر وهو المقابل للتغير فى الحجم الناتج من الحمل الذى تؤثر به المكنة . وباستخدام رسم بيانى يعده الصانع بين التغير فى الحجم للصندوق وبين الحمل المناظر الذى يؤدى هـــذا التغيير يمكن معرفة الحمل الحقيقى ومقارنته بالقراءة التى تبينها المكنة بجهاز القياس بها ، ويستخدم الصندوق القياسى لأحمال الشد وأحمال الضغط ويمكن تصميمه لمعايرة مكنة ذات سعة تحميل ٥٠٠ طن على الأكثر .



شكل رقم (٢ — ٣٣) جهاز الأنشوطة المرنة

٤ — الأنشوطة المرنة : (Elastic Loop)

تستخدم الأنشوطة المرنة شكل (٢ — ٣٣) للتأكد من دقة قراءات مكنات الاختبار ذات السعات الصغيرة بحد أقصى ١٠ — ٣٠ طنا . ويتكون الجهاز من أنشوطة مستطيلة المقطع من كتلة مصمتة من الصلب المصلد . ويحمل أحد طرفى الأنشوطة مقياس مدرج يبين فى حالة ضغط الأنشوطة تغير فى الارتفاع بحد أدنى قدره ٠,٠١ مم وذلك التغير فى الارتفاع للأنشوطة نتيجة التحميل ينتقل ليبين بالمقياس

عن طريق أذرع بسيطة . وتكون قيمته متناسبة مع الحمل المؤثر وبذلك يعمل المقياس المدرج غالباً ليبين الحمل الحقيقى مباشرة ويقارن بالحمل الذى تسجله مكنة الاختبار بمقياسها وتجرى المعايرة على هذا الأساس . ويصير حماية الأنشوطة الصلب بوضعها فى غلاف خاص (Casing) يحوى أيضاً مجموعة الأذرع .

وتستخدم الأنشوطة المرنة فى اختبارات تحميل الشد أو الضغط .

ويجب توافر الشروط التالية فى أجهزة المعايرة المرنة عموماً :

١ ــ أن يكون تصميمها بحيث لا يؤثر تداولها ونقلها على دقتها وبحيث يمكن تغيير الأجزاء التى تبلى فيها بدون التأثير على حساسيتها .

٢ ــ أن تركب الأجزاء الإضافية المختلفة واللازمة لتثبيتها فى المكنة دون أن تؤثر العيوب الموجودة فى هذه الأجزاء (عند ربطها) على دقة الجهاز أو حساسيته .

٣ ــ أن تتم معايرتها مع أجهزة القياس التى تستخدم معها وأن تسمح سعة جهاز القياس باستعماله فى مدى المعايرة كله .

ويراعى عند استعمال أجهزة المعايرة المرنة أن يكون التغير فى درجة الحرارة أثناء المعايرة أقل ما يمكن . كما يجب معرفة درجة الحرارة التى تمت عندها معايرة الجهاز نفسه حيث أن الخواص المرنة لجهاز المعايرة تتغير بتغير درجة الحرارة .

وتعاير هذه الأجهزة عادة باستخدام الاوزان القياسية (Stndard Weights) .

تمرين رقم (٢)

دراسة مكنات الاختبار وكيفية معايرتها

المجال :

تهدف هذه الدراسة إلى التعرف على أنواع مكنات الاختبار المختلفة وتركيبها وطرق تشغيلها ، وكذلك دراسة كيفية معايرة هذه المكنات لبيان الأخطاء فى قيمة الأحمال التى قد تكون موجودة بالقراءة التى تبينها أجهزة المكنة .

المناقشة :

١ — ما هى أنواع مكنات الاختبار ؟

٢ — ما هى الأنواع الرئيسية لمكنات الاختبار العامة ؟

٣ — ارسم رسما تخطيطيا لمكنة الاختبار الهيدروليكية ورسما آخر لمكنة الاختبار ذات الترس واللولب . وبين فى كل حالة طريقة التأثير بالحمل وطريقة قياس ذلك الحمل .

٤ — متى يفضل استخدام مكنات الاختبار الرأسية أو الأفقية ؟ وضح ذلك بالأمثلة.

٥ — ما هى عيوب مكنات الاختبار ذات الترس واللولب المجهزة بالذراع والثقل لقياس الحمل؟ وهل لمكنات الاختبار الهيدروليكية أية عيوب؟ وضح ذلك.

٦ — ما هى مزايا مكنات الاختبار العامة الهيدروليكية ؟

٧ — ماذا يقصد بمعايرة مكنات الاختبار ؟

٨ — ما هى الطرق المختلفة لمعايرة مكنات الاختبار العامة ؟ بين متى يلزم معايرة تلك المكنات ؟

٩ — اشرح تفصيليا كيف يمكن معايرة مكنة الاختبار العامة ٠٠ ١طن باستخدام حلقة المعايرة ؟ وضح إجابتك بالرسومات .

١٠ — ما الفرق بين دقة (accuracy) وحساسية (sensitivity) مكنة الاختبار وهل يلزم أن تكون مكنة الاختبار ذات الحساسية دقيقة دائما؟ اشرح ذلك.

١١ ــ أجرى اختبار معايرة لمكنة اختبار عامة ١٠ طن باستخدام حلقة المعايرة وكانت القراءات التى بينتها مكنة الاختبار والقراءات المقابلة لها والتى بينتها حلقة المعايرة كالآتى :

مكنة الاختبار ــ طن	٠,٥	١	١,٥	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠
حلقة المعايرة ــ طن	٠,٦	١,١	١,٥٥	٢,٩٥	٣,٨	٥,٢	٦,٢	٧,٨	٨,٧	٨,٨	٩,٧	

ارسم منحنى المعايرة لمكنة الاختبار وبين عليه مناطق التحميل التى يمكن اعتبار مكنة الاختبار غير دقيقة فى بيانها وذلك باعتبار أن الخطأ المسموح به فى قراءات مكنة الاختبار هو بحد أقصى ± ١ ٪.