المملكة العربية السعودية
المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

ميكانيكا إنتاج

اختبار المواد (عملي)

١٢٣ ميك

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الحمد لله وحده، والصلاة والسلام على من لا نبي بعده، محمد وعلى آله وصحبه، وبعد:

تسعى المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني لتأهيل الكوادر الوطنية المدربة القادرة على شغل الوظائف التقنية والفنية والمهنية المتوفرة في سوق العمل، ويأتي هذا الاهتمام نتيجة للتوجهات السديدة من لدن قادة هذا الوطن التي تصب في مجملها نحو إيجاد وطن متكامل يعتمد ذاتياً على موارده وعلى قوة شبابه المسلح بالعلم والإيمان من أجل الاستمرار قدماً في دفع عجلة التقدم التنموي: لتصل بعون الله تعالى لمصاف الدول المتقدمة صناعياً.

وقد خطت الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج خطوة إيجابية تتفق مع التجارب الدولية المتقدمة في بناء البرامج التدريبية، وفق أساليب علمية حديثة تحاكي متطلبات سوق العمل بكافة تخصصاته لتلبي متطلباته ، وقد تمثلت هذه الخطوة في مشروع إعداد المعايير المهنية الوطنية الذي يمثل الركيزة الأساسية في بناء البرامج التدريبية، إذ تعتمد المعايير في بنائها على تشكيل لجان تخصصية تمثل سوق العمل والمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني بحيث تتوافق الرؤية العلمية مع الواقع العملي الذي تفرضه متطلبات سوق العمل، لتخرج هذه اللجان في النهاية بنظرة متكاملة لبرنامج تدريبي أكثر التصاقاً بسوق العمل، وأكثر واقعية في تحقيق متطلباته الأساسية.

وتتناول هذه الحقيبة التدريبية " إختبار مواد – برنامج المعمل" لمتدربي قسم" ميكانيكا إنتاج " للكليات التقنية موضوعات حيوية تتناول كيفية اكتساب المهارات اللازمة لهذا التخصص.

والإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج وهي تضع بين يديك هذه الحقيبة التدريبية تأمل من الله عز وجل أن تسهم بشكل مباشر في تأصيل المهارات الضرورية اللازمة، بأسلوب مبسط يخلو من التعقيد، وبالاستعانة بالتطبيقات والأشكال التي تدعم عملية اكتساب هذه المهارات.

والله نسأل أن يوفق القائمين على إعدادها والمستفيدين منها لما يحبه ويرضاه: إنه سميع مجيب الدعاء.

الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

اختبار المواد (عملي)

برنامج المعمل

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

تعريف بعلم اختبار المواد

مقدمة

علم اختبار المواد: هو العلم الذي يختص بدراسة المواد الهندسية التي تستخدم في صناعة الماكينات أو المواد التي تستخدم في المنشآت.

وتتلخص الدراسة في النقاط التالية:

١ -دراسة الخواص الميكانيكية والطبيعية والكهربية للمواد ومدى قابليتها للتمدد والانكماش.

٢ -تأثير مختلف الأحمال الإستاتيكية والديناميكية والمتكررة على المنشآت والإجهادات الناتجة عنها.

الخواص الميكانيكية للمواد:

وهي الخواص التي تتعلق بسلوك المادة عند تعريضها للأحمال المؤثرة (استاتيكية – ديناميكية – متكررة).

أنواع التحميل:

١ -التحميل استاتيكي **Static loading** (التحميل المستمر، الشد المحوري)

٢ -التحميل الديناميكي **Dynamic loading** (اختبار الصدم)

٣ -التحميل المتكرر **repeated loading** (تكرار الشد ومن ثم الضغط)

أنواع الاختبارات التي تجري على المواد الهندسية:

أ – الاختبارات المتلفة:

اختبار الشد – اختبار الضغط – اختبار الصلادة

ب – الاختبارات غير المتلفة:

الفحص بالمجال المغناطيسي – الفحص بالموجات فوق الصوتية

ماكينات الاختبار

هي جهاز يؤثر على قطعة الاختبار بحمل مناسب يؤدي إلى حدوث تغيرات وتشكلات في شكل قطعة الاختبار والذي ينتج عنه معرفة سلوك مادة العينة تحت تأثير هذا الحمل.

أنواع ماكينات الاختبار:

يمكن تقسيم ماكينات الاختبار إلى الأنواع التالية:

١ -ماكينات اختبار مصممة لإجراء نوع واحد فقط من الاختبارات كالشد أو الضغط أو الانحناء.

٢ -ماكينات الاختبار العامة **Universal testing machines** وهي مصممة لإجراء أي من الاختبارات الشد أو الضغط أو الانحناء.

٣ -ماكينات اختبار خاصة **Special testing machines** وهي مصممة لإجراء الاختبارات خاصة مثل الصلادة أو الالتواء أو الصدم.

ماكينة الاختبار العامة

تتكون ماكينة الاختبار العامة من جزئين رئيسين:

١ -الجزء الأول خاص بتحميل قطعة الاختبار.

٢ -الجزء الثاني لموازنة الحمل وقياس قيمته.

بالإضافة إلى ذلك توجد أجزاء أخرى إضافية **Accessories** لها دور هام في قيام الماكينة بوظيفتها مثل الكلابات **Grips** التي تستخدم في تثبيت قطعة الاختبار في الماكينة.

أنواع ماكينات الاختبار العامة بالنسبة إلى طريقة تحميل قطعة الاختبار.

١. ماكينات الاختبار ذات الترس واللولب **Screw-gear**. ويكون التحميل فيها بوسائل ميكانيكية (مجموعة من التروس).

٢. ماكينات الاختبار الهيدروليكية **Hydraulic**. وفيه يستخدم الضغط الهيدروليكي للزيوت لدفع الرأس المتحرك للماكينة ومن ثم تحمل قطعة الاختبار.

ويفضل استخدام الماكينات الهيدروليكية في معامل اختبار المواد للأسباب الآتية :

١. سرعة وسهولة التأثير بالحمل .

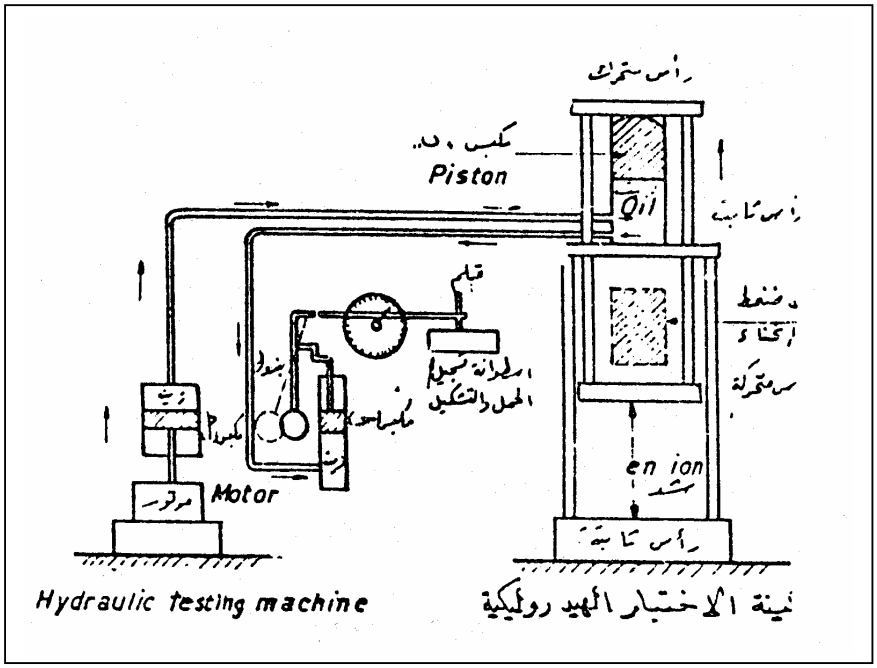
٢. إمكان التحكم الدقيق في معدل سرعة التحميل .

٣. انعدام تواجد الاهتزازات والضوضاء .

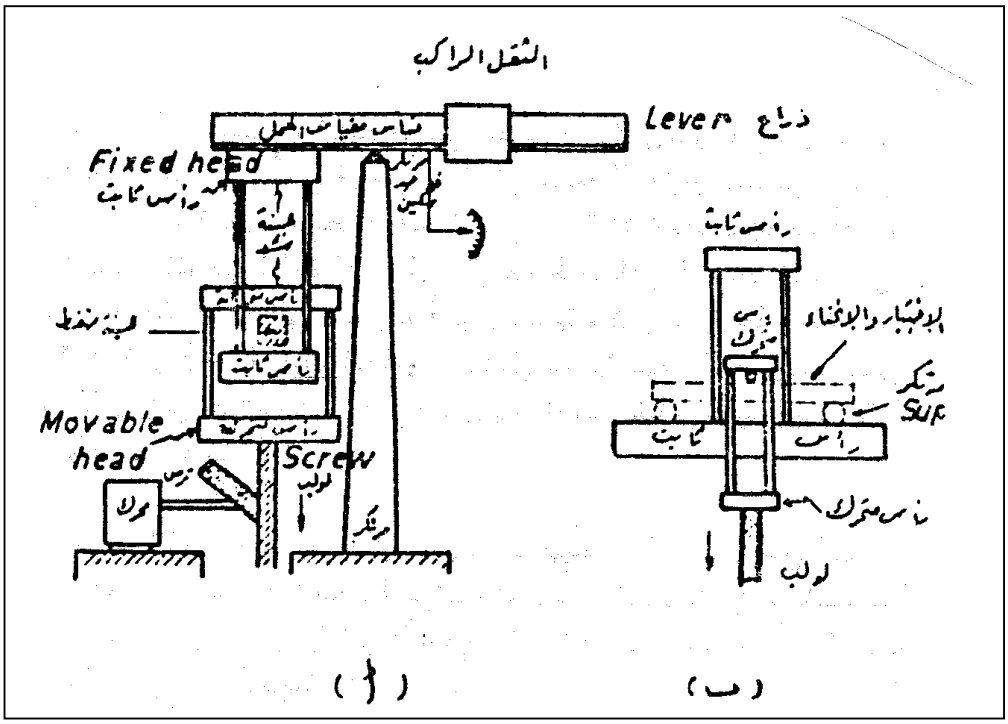
٤. سهولة الصيانة وبساطة التصميم .

التحكم في سرعة التحميل:

الماكينة ذات الترس واللولب يمكن تغيير سرعة التحميل فيها بتغيير النسبة بين أسنان مجموعة التروس التي تحركها أو بتغيير سرعة الموتور الكهربائي الذي يحرك التروس نفسها. أما في الماكينة الهيدروليكية فإن سرعة التحميل يمكن تغييرها إما باختيار السرعة المناسبة للمضخة التي تدفع السائل إلى الأسطوانة أو التحكم في دخول السائل إلى الأسطوانة بواسطة صمامات **Valves**.



ماكينة اختبار هيدروليكية



ماكينة ذات الترس واللولب ا - اختبار الشد والضغط ب - اختبار الانحناء

الاشتراطات الواجب توافرها في ماكينات الاختبار :

١ - يجب أن تكون الماكينة دقيقة في بيان الحمل على طول مدى الحمل الذي يمكن أن تؤثر به الماكينة ، ويمكن التجاوز عن الأخطاء التي تقل عن ١٪ .

٢ - يجب أن تكون الماكينة حساسة إلى درجة تسجيل التغير في الحمل الذي قدره ٠,٠٥٪ من قيمة الحمل .

٣ - يجب أن تكون الكلابات على استقامة واحدة (أي محورها واحد) .

٤ - يجب أن يكون التأثير بالحمل منتظماً ويمكن التحكم فيه في حدود سرعة معينة .

٥ - يجب أن لا يسمح للفك المتحرك للماكينة بالدوران أو الالتواء .

٦ - يجب أن تكون الماكينة خالية من الاهتزازات الشديدة .

اختبار الشد

مقدمة

اختبار الشد هو عملية تجرى على قطعة الاختبار لتعيين خواصها تحت تأثير حمل الشد المحوري في اتجاه واحد حيث ينطبق اتجاه الحمل على المحور الطولي للعينة، ويكون التحميل تدريجياً حيث يبدأ من الصفر وحتى حدوث الكسر بالعينة .

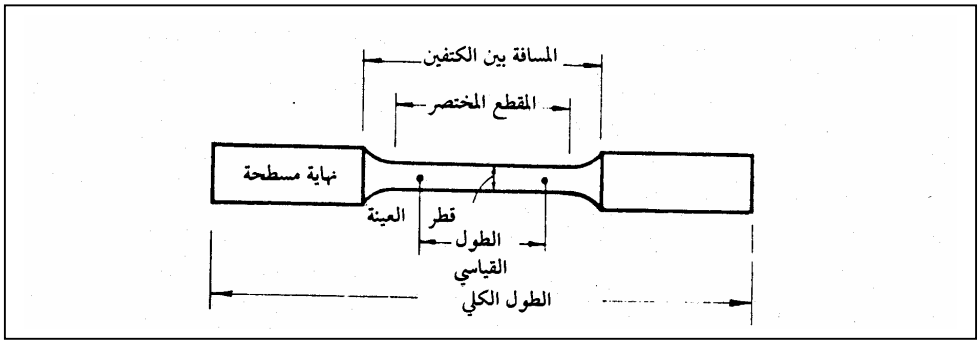
ويعتبر اختبار الشد من أكثر الاختبارات شيوعاً في الاستخدام لكونه من أسهل الاختبارات الميكانيكية في إجرائه وأبسطها في تحديد النتائج .

قطع الاختبار القياسية

يكون شكل قطعة الاختبار القياسية حسب حالة العينة التي تجهز منها هذه القطعة بحيث تكون النسبة بين طول القياس والجذر التربيعي للمساحة يساوي مقداراً ثابتاً ويكون المقطع شكلا هندسيا منتظما (مستدير -مستطيل) ، وبصفة عامة تستخدم قطع الاختبار المستديرة عند إجراء اختبار الشد .

القطع الطويلة $L_0 = 11.3\sqrt{A_0}$ وفي المقطع المستدير $L_0 = 10d_0$

القطع القصيرة $L_0 = 5.65\sqrt{A_0}$ وفي المقطع المستدير $L_0 = 5d_0$



شكل لعينة قياسية

أشكال نهايات عينات الشد :

توجد عدة أشكال لهذه النهايات منها :

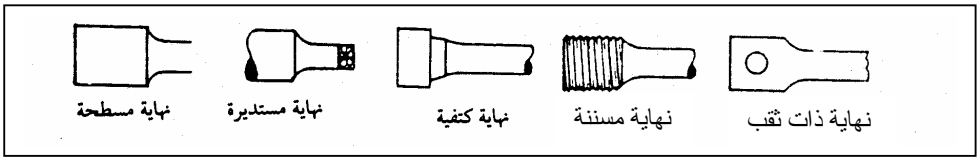
١ -نهاية ذات ثقب **Pin end** .

٢ -نهاية كتفية **shouldered end**

٣ -نهاية مسننة **threaded end**

٤ -نهاية مسطحة **plain end**

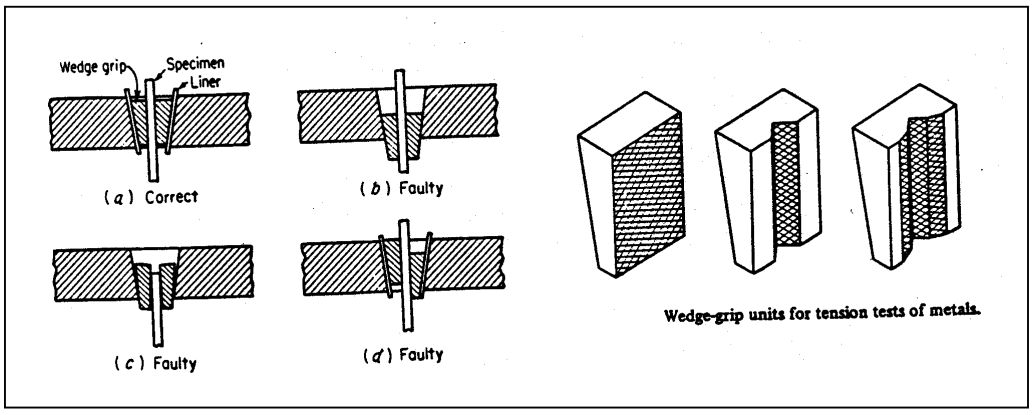
٥ -نهاية مستديرة **circular end**



أنواع النهايات للعينات القياسية

وسيلة إمساك عينات الشد في الماكينة (الكلابات)

يراعى تثبيت قطع الاختبار في ماكينات الشد بحيث نضمن محورية التحميل وخصوصاً في المعادن القصفة (الهشة) ولذلك يجب استخدام الكلابات المناسبة للمقطع الهندسي . وهنالك عدة أنواع من الكلابات منها :



انواع الكلابات وبعض طرق التثبيت الخاطئة

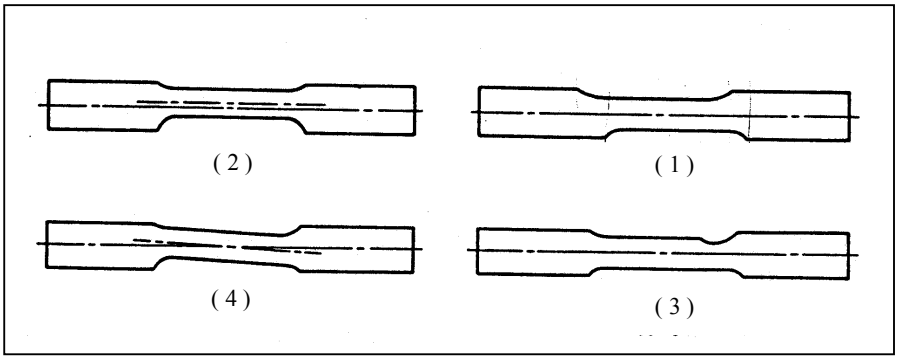
العيوب الشائعة في عينات الشد

١ -نهايات الجزء المنخفض غير متماثلين.

٢ -محور المقطع المخفض يوازي محور النهايات ولكنه لا ينطبق عليه.

٣ -عدم انتظام الجزء المخفض.

٤ -محور الجزء المخفض مائل على محور النهايات.



بعض عيوب عينات الشد

شكل كسر عينات الشد:

يمكن تقسيم أنواع الكسر الناتج في اختبار الشد للمعادن بالنسبة إلى :

١ - الشكل **form**:

فقد يكون شكل الكسر متماثل (كسر القدح والمخروط أو الكسر المسطح) أو غير متماثل (كسر القدح والمخروط الجزئي).

٢ - حالة السطح **Texture**:

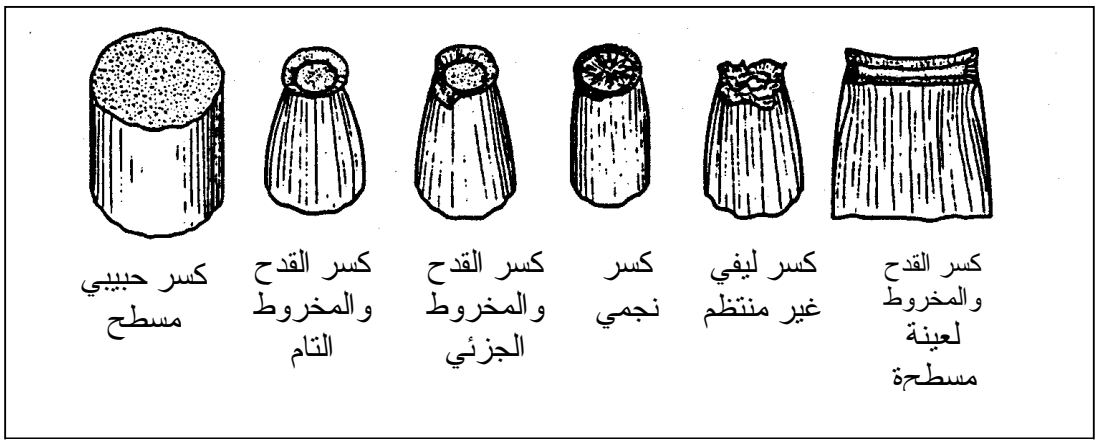
إما أملساً ناعماً **Silky** أو ذو جزيئات صغيرة **Fine Grain** أو ذو جزيئات كبيرة **Coarse grain** أو ليفي **Fibrous** أو متبلور **Crystalline** أو زجاجي **Glassy**.

٣ - اللون:

إما لامع **bright** أو داكن **dark**.

في حالة كون المعدن :

- صلب طري قدح ومخروط ويكون السطح خشن في منتصف المقطع ناعم عند الحروف .
- حديد مطاوع له مكسر ليفي متقطع .
- حديد زهر يكون الكسر مسطح ومحبب.



أشكال الكسر في عينات الشد

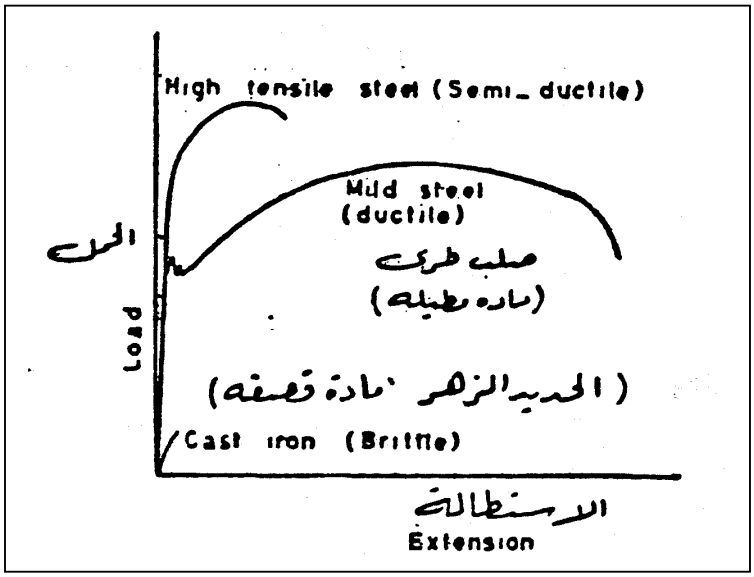
اختبار الشد لعينات من

(الصلب الطري – النحاس الأصفر – الحديد الزهر)

المنحنى البياني للحمل والاستطالة :

يعين هذا المنحنى على أساس أن المحور الرأسي يمثل الحمل والمحور الأفقي يمثل الاستطالة . ويختلف شكل هذا المنحنى حسب نوع المعدن .

فالمعادن المطيلة **Ductile material** كالصلب الطري لها منطقة خضوع ويتكون لها رقبة قبل الكسر بينما في المعادن نصف المطيلة **Semi ductile material** كالصلب عالي المقاومة – يحتوي على نسبة كربون عالية – ليس لها منطقة خضوع أو لها منطقة خضوع أقل وضوحا وكذلك الرقبة فيها قليلة الوضوح أما المعادن القصفة فهي لاتشتمل على منطقة خضوع ولا يتكون لها رقبة ومقاومتها للشد ضعيفة جدا والرسم البياني التالي يوضح الفرق بين سلوك (المواد المطيلة – النصف مطيلة – والقصفة) تحت تأثير حمل الشد



منحنى الحمل والاستطالة لمواد مختلفة

منحنى الاجهاد والانفعال للمعادن المطيلة

تعريفات :

الاجهاد **Stress** (σ)

هو حاصل قسمة حمل الشد المحوري (**F**) نيوتن عند أية لحظة أثناء الشد على المساحة الأصلية للمقطع المستعرض لقطعة الاختبار ($\mathbf{A_o}$) مم٢.

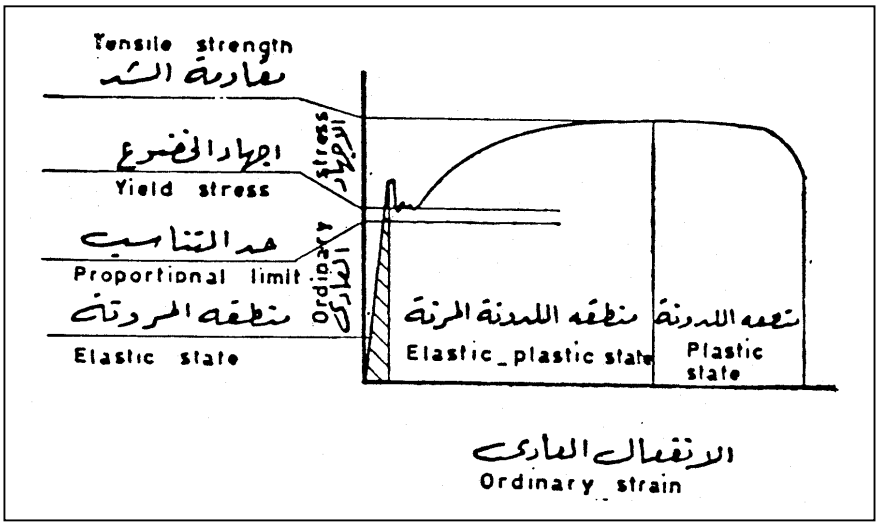
$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$

الإنفعال **Strain** (**e**)

هو مقدار استطالة وحدة الطول في طول القياس لقطعة الاختبار أي يساوي حاصل قسمة الاستطالة عند أي لحظة ($\Delta\mathbf{L}$) مم على طول القياس ($\mathbf{L_o}$) مم .

$$e = \frac{\Delta L}{L_0}$$

ولأن مساحة المقطع المستعرض $\mathbf{A_o}$ ثابتة وكذلك طول القياس $\mathbf{L_o}$ ثابت فإن المنحنى البياني بين الإجهاد والإنفعال يكون له شكل يماثل منحنى الحمل والاستطالة .



منحنى الاجهاد والانفعال لمعدن مطيلي

الخواص الميكانيكية للمعادن في الشد **Mechanical properties**

١ - حد التناسب **Proportional Lim**

هو أكبر إجهاد يكون عنده الإجهاد والإنفعال متناسبين .

٢ - حد المرونة **Elastic limit** :

هو أكبر إجهاد تتحمله المادة بشرط عدم بقاء استطالة دائمة بعد زوال هذا الإجهاد .

٣ - إجهاد الخضوع **Yield stress** :

هو الإجهاد الذي يحدث عنده زيادة ملحوظة في الاستطالة بدون زيادة في الاجهاد ، ويستخدم إجهاد الخضوع عادة لتحديد إجهاد التشغيل للمعادن المطيلة.

$$\sigma_y = \frac{F_y}{A_0}$$

٤ - معامل المرونة (معامل يونغ) **(Young's modulus) Modulus of elasticity**

هو قيمة الزيادة في الإجهاد مقسومة على الانفعال المقابل له وذلك في منطقة المرونة ويعبر عنه بوحدة الإجهاد .

$$E = \frac{\sigma}{e}$$

٥ - معامل الرجوعية **Modulus of Resilience (R)**

هو الرجوعية مقسومة على حجم العينة المختبرة .

الرجوعية = نصف الحمل المقابل لحد التناسب × الاستطالة عند حد التناسب .

حجم العينة المختبرة = $\mathbf{A_o \times L_o}$

$$R = \frac{1}{2} F \frac{\Delta L}{A_0 L_0}$$

معامل المتانة **Modulus of Toughness (T)**

هو عبارة عن المقاومة للصدم مقسومة على حجم عينة الاختبار .

وتقاس بالمساحة تحت منحنى الإجهاد والانفعال كله.

$$T = \frac{(F_y + F_{\max})\Delta L}{2A_0 L_0}$$

٦ - المقاومة القصوى للشد **Maximum tensile strength**

وهي تساوي الحمل الأقصى للشد الذي تعرضت له العينة مقسومة على المساحة الاصلية للمقطع المستعرض .

$$\sigma_{UTS} = \frac{F_{Max}}{A_0}$$

٧ - المطولية **Ductility**

تقاس ممطولية المعادن تحت تأثير احمال الشد بحساب النسبة المئوية للاستطالة ٪ **Elongation** أوالنسبة المئوية للنقص في مساحة المقطع ٪**Reduction of area**

$$Elongation\% = \frac{L_f - L_0}{L_0} \times 100$$

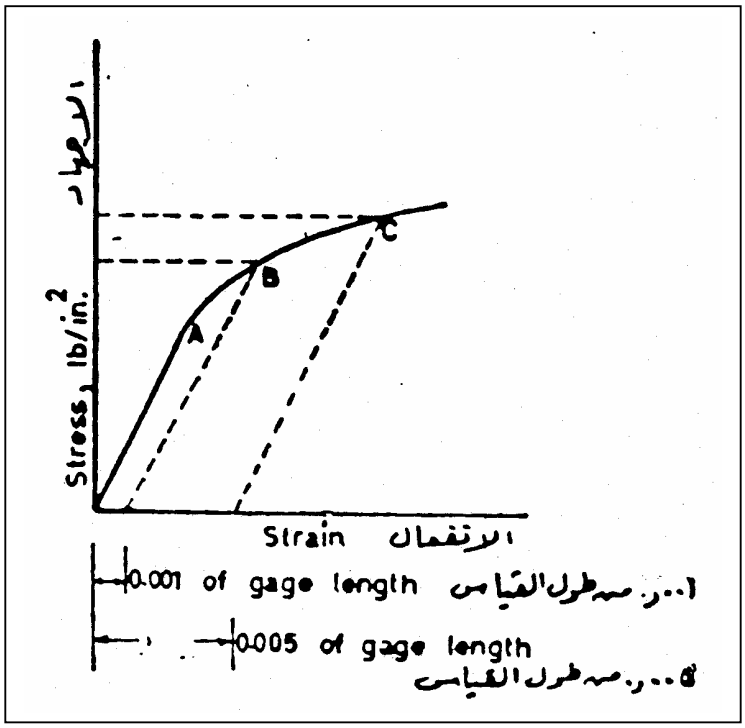
$$\textbf{Reduction of area \%} = \frac{A_0 - A_f}{A_0} \times 100$$

٩ -إجهاد الضمان **Proof stress**

هو الإجهاد الذي يحدث في قطعة الاختبار أثناء تحميلها استطالة لا تناسبية مساوية لنسبة محددة من طول القياس ويكون للمعادن المطيلة التي ليس لها منطقة خضوع .

حمل الضمان هو الحمل الذي عنده يتقاطع خط منحني الحمل والاستطالة مع الخط الموازي للخط المستقيم الذي يبدأ باستطالة تساوي الاستطالة اللاتناسبية .

$$\sigma_{proof} = \frac{F_{proot}}{A_0}$$



رسم بياني يوضح كيفية تحديد إجهاد الضمان

التجربة الاولى

اختبار الشد

الهدف من التجربة :

تهدف هذه التجربة إلى رسم المنحنى البياني للحمل **Load** والاستطالة **Elongation** وكذلك رسم المنحنى البياني للاجهاد **Stress** والانتقال **Strain** لعينات طويلة من الصلب الطري والنحاس الأصفر والحديد الزهر تحت تأثير حمل الشد الاستاتيكي المحوري .

الأدوات والأجهزة المستخدمة :

١ - قدمة ذات ورنية .

٢ - مسطرة قياس .

٣ - زنبة أو أداة شنكرة .

٤ - مطرقة .

٥ - ماكنة اختبار شد.

خطوات التجربة:

١ – يقاس قطر عينة الاختبار باستخدام القدمة ذات الورنية .

٢ – يحدد على العينة طول القياس باستخدام مسطرة القياس الورنية .

٣ – تثبت قطعة الاختبار في ماكينة الاختبار .

٤ – تجهز الماكينة لرسم منحنى الحمل والاستطالة ، وذلك بضبط الحمل على الصفر ، والاستطالة على الصفر ، والضغط على القلم لرسم العلاقة على الورقة الملفوفة على الأسطوانة .

٥ – تحمل قطعة الاختبار تدريجياً حتى يتم الكسر .

٦ – تنزع الورقة التي تم عليها رسم المنحنى وتحدد عليه قيم الحمل والاستطالة عند عدة نقاط مختلفة بعد أخذ مقياس الرسم .

٧ – تسجل القيم في الجدول ثم يتم رسم منحنى الإجهاد والانفعال على أساسها .

الحسابات والنتائج:

Do = mm Lo = mm df = mm Lf = mm

	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨
الحمل **F (KN)**								
الاستطالة **ΔL(mm)**								

من هذا الجدول يتم كتابة جدول آخر بين الإجهاد والانفعال حسب القوانين السابقة ، ثم يتم رسم منحنى الحمل والاستطالة وكذلك الإجهاد والانفعال وحساب كذلك بعض الخصائص الميكانيكية مثل إجهاد الخضوع – مقاومة الشد القصوى – إجهاد الكسر .

المناقشة والستنتاج:

يتم مناقشة منحنى الإجهاد والانفعال للمعادن الثلاثة (الصلب الطري – والنحاس الأصفر – والحديد الزهر).

واستنتاج الفروقات بينها.

الاستطالة و تحديد ثوابت أنوين

مقدمة:

إن توزيع الاستطالة على جميع نقط طول القياس يكون متساوياً تقريباً إذا كان حمل الشد المؤثر على العينة بقيمة في حدود مرونة المعدن وعندما يتعدى المعدن منطقة المرونة يبدأ في التغير ويكون للاستطالة في المنطقة التي تحدث بها الرقبة قيمة أكبر ثم تكبر قيمتها أكثر حتى كسر العينة.

ومن ذلك يتضح أن النسبة المئوية للاستطالة تتناسب تناسباً عكسياً مع طول القياس أي أنه للمعدن الواحد فإن العينة ذات طول القياس القصير لها نسبة استطالة مئوية كبيرة بينما العينة من نفس المعدن ذات طول القياس الطويل لها نسبة استطالة مئوية صغيرة .

لهذا يلزم تحديد طول القياس وبيان قيمته مع أبعاد العينة المختبرة عند إجراء اختبارات الشد القياسية لقبول أو رفض المعادن في الأعمال الهندسية حتى يمكن مقارنة المعادن على أساس توحيد قيمة طول القياس المستخدم في الاختبار الذي يجري على عينة موحدة قياسية .

ويلاحظ أنه نظراً لاختلاف توزيع الاستطالة على نقط طول القياس وكبر قيمة الاستطالة في منطقة الكسر (أي منطقة الرقبة) عن باقي نقط طول القياس لذلك يلزم لكي يكون حساب النسبة المئوية للاستطالة (المعبرة عن ممطولية المعدن) صحيحاً أن تكون الاستطالة المقاسة بعد كسر العينة تشمل منطقة الرقبة بكاملها حتى تشمل تلك الاستطالة على معظم قيمة الاستطالة الناتجة عند الرقبة أي أنه يجب أن يكون كسر العينة تقريباً في حوالي منتصف طول القياس ما أمكن.

لذلك نصت المواصفات القياسية على أن تكون نتائج اختبار الشد صحيحة – أي يكون حساب النسبة المئوية للاستطالة صحيحاً – إذا وقع كسر العينة في الثلث الأوسط لطول القياس ويلزم اهمال تلك العينة وإعادة الاختبار ثانية على عينة أخرى لو حدث الكسر خارج منطقة طول القياس أو قرب إحدى نهايتي طول القياس لأن النسبة المئوية للاستطالة تكون صغيرة (لأن معظم الاستطالة حادثة خارج طول القياس) ولا تعبر تعبيراً صحيحاً عن مدى ممطولية المعدن المختبر .

معادلة الاستطالة **Elongation equation:**

إن الاستطالة الكلية للعينة المكسورة تحت تأثير الشد عبارة عن مجموع نوعين من الاستطالة وهي الاستطالة العامة والاستطالة الموضعية.

وتتوقف الاستطالة العامة على قيمة طول القياس وتتناسب طردياً معها وتساوي (**bL**) حيث **b** عدد ثابت، **L** هو طول القياس، أما الاستطالة الموضعية فتتوقف على مدى حدوث الرقبة التي تتسبب في هذه الاستطالة التي تزداد قيمتها بكبر مساحة المقطع المتسعرض الأصلية وقد وجد أن هذه الاستطالة تتناسب تناسباً طردياً مع الجذر التربيعي للمساحة الأصلية للمقطع المستعرض أي أنها تساوي $bL+C\sqrt{A_o}$ حيث **c** عدد ثبات، $\mathbf{A_o}$ هي المساحة الأصلية للمقطع المستعرض. وبذلك تكون الاستطالة الكلية تساوي:

$$\Delta L = bL + C\sqrt{A_o}$$

حيث **C**، **b** ثوابت تسمى ثوابت أنوين **Unwin's constants**.

التجربة الثانية

تحديدثوابت أنوين

الهدف من التجربة:

تحديد ثوابت أنوين لعينة من الصلب الطري ودراسة علاقة الاستطالة بطول القياس و تحديد موضع الكسر المناسب.

الأدوات والاجهزة المستخدمة:

١ -ماكنة شد.

٢ -جهاز تقسم.

٣ -قدمة قياس .

٤ -عينة الاختبار.

خطوات التجربة:

١ – قياس قطر العينة الأصلي، وتحديد مساحتها الأصلية (**Ao**).

٢ – باستخدام جهاز التقسييم يتم تقسيم عينة الاختبار إلى عدد من الأقسام المتساوية.

٣ – تثبت قطعة الاختبار المذكورة بين فكي ماكينة الاختبار العامة وتحمل تدريجياً حتى الكسر ثم ترفع من الماكينة.

٤ – يقاس طول كل قسم من أقسام العينة بعد الكسر ثم تحسب استطالة كل قسم وتسجل هذه البيانات في جدول كالتالي:

	١	٢	٣	٤	٥	٦
الطول بعد الكسر (مم)						
الاستطالة (مم)						

٥ – من الجدول السابق يمكن رسم توزيع الاستطالة على طول القياس وملاحظة أن أكبر استطالة تكون في الثلث الأوسط من طول القياس إذا كان الاختبار سليماً .

٦ – يمكن رسم العلاقة بين طول القياس والاستطالة حسب الجدول التالي.

طول القياس (مم)				
الاستطالة (مم)				

كما يمكن تعيين ثوابت انوين باستخدام الرسم السابق ومعادلة الاستطالة.

الحسابات والنتائج:

يتم حساب ثواين أنوين (**b, C**) بالاستعانة برسم العلاقة بين طول القياس والاستطالة وهذه العلاقة هي عبارة عن خط مستقيم،

حيث معادلة الاستطالة $\Delta L = bL + C\sqrt{A_o}$

فيكون $C\sqrt{A_o}$ عبارة عن الجزء المقطوع من المحور الرأسي بواسطةالخط المستقيم وليكن **Z**

$$\therefore Z = C\sqrt{A_o}$$

$$\Rightarrow C = \frac{Z}{\sqrt{A_o}}$$

وكذلك **b** هي ميل الخط المستقيم وبحساب ميل المستقيم نحصل على الثابت **b**.

المناقشة والاستنتاج:

مناقشة العلاقة بين الاستطالة وطول القياس وملاحظة أن الاستطالة الكلية مكونة من نوعين من الاستطالة هي الاستطالة العامة والاستطالة الموضعية.

تعليل قبول الاختبار بوجود الكسر في الثلث الأوسط من طول القياس.

اختبار الضغط

مقدمة :

يعد اختبار الضغط بالنسبة لاتجاه الحمل حالة عكسية لاختبار الشد ويستخدم كأساس قبول للمواد غير المعدنية . ويستخدم عادة اختبار الضغط لتعيين المقاومة القصوى للضغط فقط ، وذلك لوجود عوامل كثيرة تجعل منه اختبارا غير صالح لإعطاء نتائج دقيقة عن خواص المواد وتحد من استخدامه كأساس قبول للمواد .

ومن هذه العوامل :

١ -صعوبة التأثير بحمل الضغط تأثيراً محورياً حقيقياً على العينة المختبرة .

٢ -حالة عدم الاتزان النسبية (**Relatively unstable**) عند التحميل بالضغط عند المقارنة مع التحميل بالشد.

٣ -الاحتكاك (**friction**) بين رأس الماكينة ونهايتي العينة المختبرة، وهذا الاحتكاك يحدث تغيراً ملحوظاً في نتائج الاختبار عنها في حالة عدم وجوده.

٤ -الكبر النسبي للمقطع المستعرض لعينة الاختبار للحصول على درجة مناسبة من الاتزان للعينة أثناء التحميل. ويتسبب ذلك في:

- تواجد ماكينات اختبار ذات سعة عالية.
- أو استخدام عينات صغيرة بدرجة تجعل من الصعوبة الحصول على الدقة المناسبة لنتائج الاختبار.

عينات اختبار الضغط:

تفضل عينات الاختبار الاسطوانية عن الأشكال الأخرى لأنها تعطي إجهادات منتظمة وكثيراً ما تختبر عينات مربعة أو مستطيلة المقطع وتعتمد أبعاد عينة الاختبار على نوع المادة والقياسات المطلوبة والأجهزة المستخدمة.

واختيار عينة الضغط يرتبط ببعض العوامل ، كالطول مثلاً ، فكلما زاد الطول كان هنالك احتمال لوجود انحناء وعدم توزيع الاجهادات على الأسطح العمودية وكلما كانت العينة قصيرة فإن تأثير الاحتكاك يصبح ذو أهمية خصوصاً إذا كان الطول أقل من ١,٥ القطر.

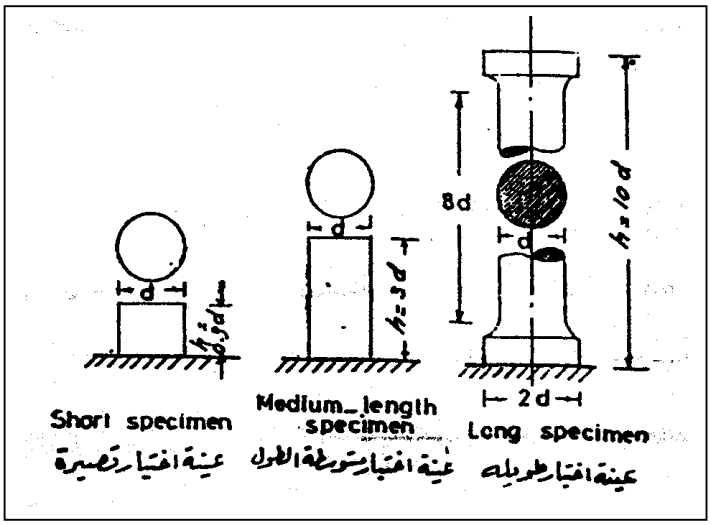
الشروط الواجب توافرها في عينة اختبار الضغط للمعادن:

١. أن تكون ذات مقطع دائري أي تكون اسطوانية. وذلك حتى يكون توزيع الحمل منتظماً على سطح كل من نهايتي العينة عند التأثير بالحمل.
٢. أن تكون العينة ذات ارتفاع لا يتجاوز ١٠ مرات القطر (أو أقل بعد في المقطع المستعرض) حتى لا يحدث انبعاج (**Buckling**) والذي يسبب تواجد عزوم انحناء على العينة بجانب حمل الضغط.
٣. يكون سطحا نهايتي العينة مستويين ومتوازيين وعموديين على محور العينة وذلك حتى يكون التحميل محورياً.

عينات الاختبار القياسية:

العينات القياسية لاختبار الضغط للمعادن ثلاثة انواع وهي :

- الطويلة: الطول (٨ -١٠مرات)قطر المقطع وتستخدم لغرض رسم المنحنى البياني للحمل والانضغاط حتى يمكن قياس التغير في طول العينة بتركيب أجهزة القياس، كذلك لغرض تعيين حد التناسب وإجهاد الخضوع في اختبار الضغط.
- المتوسطة: الطول (٣ مرات) قطر المقطع وتستخدم عند تعيين مقاومة الضغط للمعادن.
- القصيرة : الطول (٠,٩) من قطر المقطع وتستخدم لاختبار معادن المحامل **Bearing metals** حيث يكون تأثير الاحتكاك الموجود عند نهايتي العينة مشابهاً لحالة تشغيل معادن المحامل.



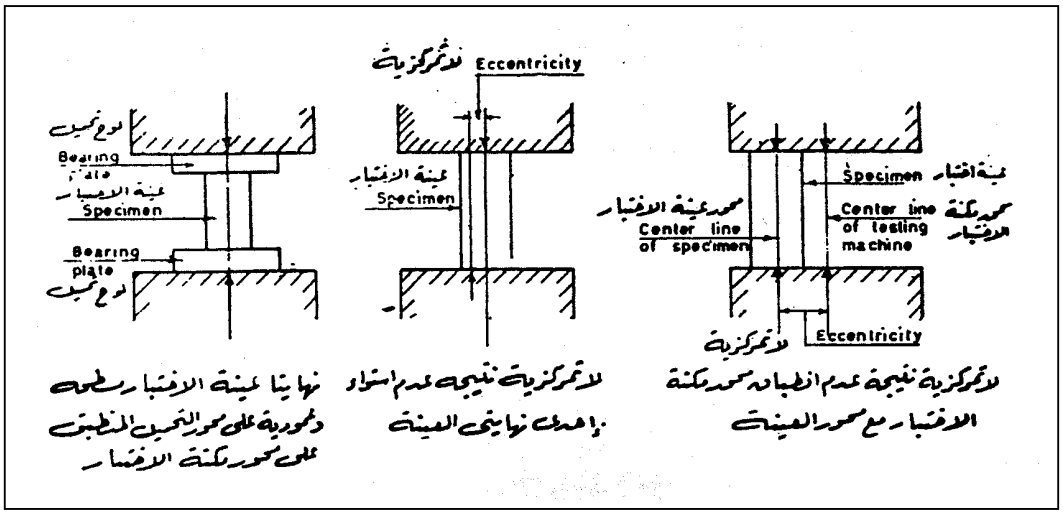
أطوال عينات الضغط القياسية

الاحتياطيات اللازم مراعاتها عند إجراء اختبار الضغط:

١ -أن يكون الحمل المؤثر على العينة صحيحاً قيمة واتجاهاً.

٢ -يجب أن يكون التحميل محورياً.

٣ -يجب تلافي حدوث الانحناء الجانبي.



بعض اوضاع عينة اختبارالضغط بماكنة الاختبار

سلوك المعادن تحت تأثير حمل الضغط الاستاتيكي :

عند تعرض عينة معدنية استطوانية بارتفاع قصير نسبياً إلى حمل ضغط فإن انضغاطها يتسبب في حدوث شكل "برميلي **Barrel** " نتيجة الزيادة في العرض والتي يصاحبها نقص في الطول مع قلة الزيادة في نهايتي العينة نتيجة الاحتكاك مع سطحي رأسي الماكينة .

سلوك المعادن المطيلة (كالصلب الطري) :

يزداد انضغاطها مع الاستمرار في تحميل ثم تتفلطح وتستمر في ذلك ولا يحدث لها كسر مهما ازداد الحمل .

$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$

سلوك المعادن نصف المطيلة (كالنحاس الأصفر):

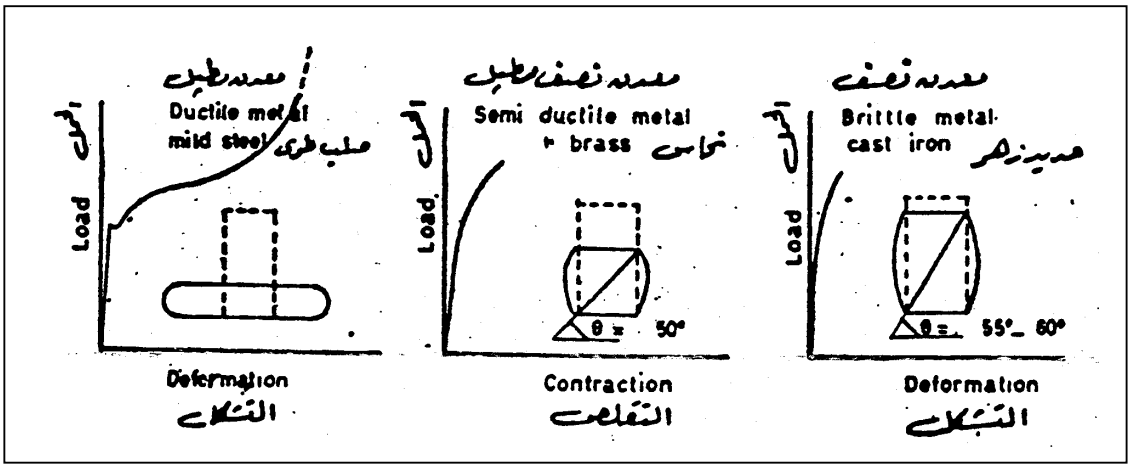
تنضغط مع زيادة الحمل ثم تنكسر على مستوى يصنع زاوية ٥٠° مع الأفقي ، ويلاحظ أن منطقة الخضوع قد لا توجد أو توجد تبعاً لظروف معدن العينة من الوجهة التشغيلية أو المعاملة الحرارية .

$$\sigma_{Max} = \frac{F_{Max}}{A_0}$$

سلوك المعادن القصفة (كالحديد الزهر):

تنضغط قليلاً جداً ثم تنكسر على مستوى يعمل زاوية حوالي ٥٥° إلى ٦٠° مع الأفقي ويلاحظ عدم تواجد منطقة خضوع وتواجد حد للمقاومة القصوى للضغط.

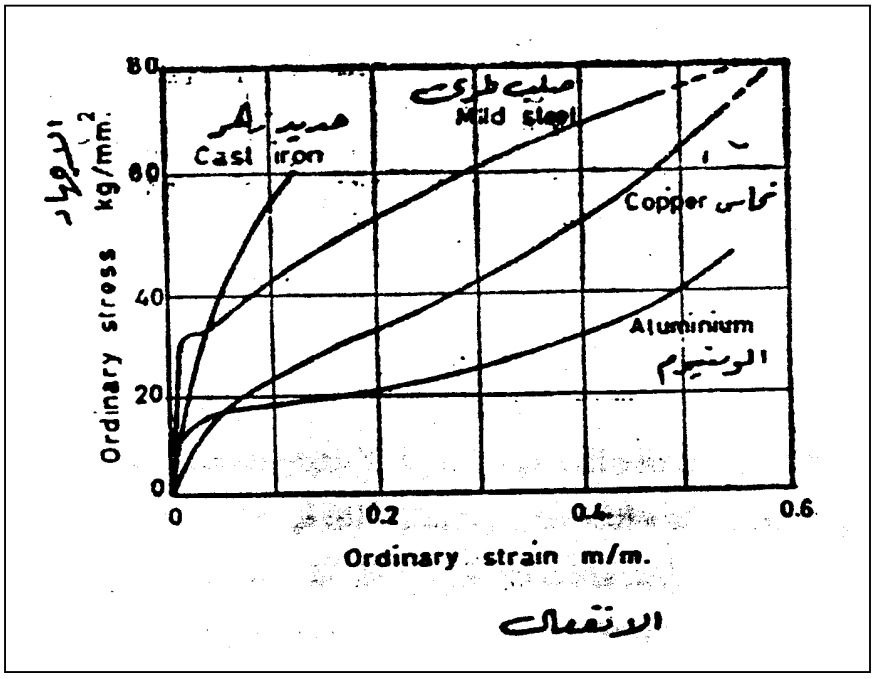
$$\sigma_{Max} = \frac{F_{Max}}{A_0}$$



سلوك المعادن المطيلة والنصف مطيلة والقصفة تحت تأثير حمل الضغط

المنحنى البياني للإجهاد والانفعال في اختبار الضغط:

يمكن رسم المنحنى البياني للإجهاد والانفعال في الضغط باستخدام المنحنى البياني للحمل والانضغاط لنفس العينة، فيما يلي بعض أشكال منحنيات الإجهاد والانفعال لبعض المعادن .



منحنيات الإجهاد والانفعال لبعض المواد في اختبار الضغط

التجربة الثالثة

اختبار الضغط

الهدف من الاختبار:

دراسة سلوك المعادن المطيلة ونصف المطيلة والقصفة تحت تأثير حمل الضغط، وتحديد المقاومة القصوى للضغط في المعادن النصف مطيلة والقصفة وكذلك تحديد إجهاد الخضوع في المعدن المطيلة.

الأدوات والأجهزة المستخدمة:

١ - ماكنة اختبار ضغط.
٢ - قدمة ذات ورنية .
٣ - عينات اختبار .

خطوات التجربة:

١ - يقاس قطر وارتفاع عينة الاختبار باستخدام القدمة ذات الورنية.
٢ - توضع قطعة الاختبار بين كتلتي تحميل جهاز الضغط مع مراعاة أن ينطبق محور العينة على محور جهاز الاختبار.
٣ - تحمل قطعة الاختبار بسرعة لا تزيد عن ١,٢٥مم/دقيقة ويسجل مقدار الحمل والضغط مع تسجيل حمل الخضوع وحمل الكسر أن وجدا. أما بالنسبة لعينة الصلب الطري فإنه لا يحدث بها كسر لذلك يكتفي بتحميلها إلى ٧٠ كيلونيوتن .
٤ - ترفع قطعة الاختبار من الجهاز ثم يقاس ارتفاع وأكبر قطر فيها وزاوية الكسر أن وجدت.

الحسابات والنتائج:

نوع المعدن	القطر (مم)		الارتفاع (مم)		حمل الخضوع (كيلو نيوتن)	حمل الانكسار (كيلو نيوتن)	زاوية ميل الكسر مع الأفق
	الأصلي	بعد الكسر	الأصلي	بعد الكسر			
صلب طري							
نحاس أصفر							
حديد زهر							

تحديد المقاومة القصوى للضغط في المعادن القصفة والنصف مطيلة - حسب القانون
وكذلك تحديد إجهاد الخضوع في المعادن المطيلة – حسب القانون

المناقشة والاستنتاج:

منافسة المنحنيات الثلاثة والفرق بين سلوك المعادن تحت تأثير حمل الضغط وملاحظة أشكال الكسر في العينات المختلفة إن وجد.

اختبار الصدم
IMPACT TEST

مقدمة

يعد اختبار الصدم نوع مهم من أنواع التحميل الديناميكي، والغرض منه هو بيان مدى مقاومة المادة للانهيار بتأثير قوى الصدم (التحميل الديناميكي) تحت ظروف التشغيل، كما يتسخدم اختبار الصدم لبيان تأثير تواجد الشروخ في العينات المختبرة على مقاومتها والتي تسبب ضعفها في تحمل الصدم، وكذلك لبيان تأثير المعاملات الحرارية على المعادن وتوضيح مدى قصافتها.

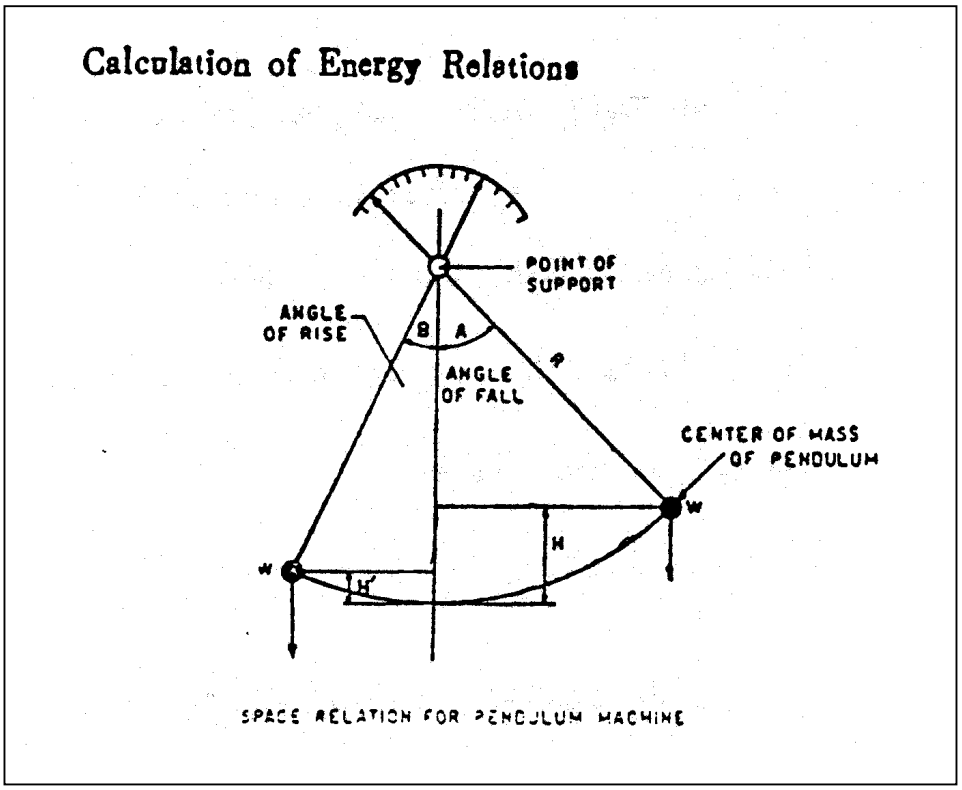
اختبار الصدم القياسي: STANDARD IMPACT TEST

ويجرى على قطعة اختبار قياسية محزوزة تعرض إلى قوى صدم تكسرها ثم نعين قيمة الشغل المبذول لكسر قطعة الاختبار وتعتبر قيمة هذه الطاقة أساساً لمقارنة المواد مع بعضها البعض من وجهة تحملها للصدم. وهنالك عدة أنواع من اختبارات الصدم القياسية مثل تشاربي وأيزود وستارت وستانتون، ويعتبر اختبار تشاربي **CHARPY** وأيزود **IZOD** هما الاختبارات الأساسيان في اختبارات الصدم.

وفي كلا الاختبارين يؤثر عمل الصدم على العينة المختبرة من ثقل متأرجح من ارتفاع (**H**) له وزن محدد (**W**) فإذا أطلق هذا الثقل فإن مساره يكون دائري وعند اصطدامه بالعينة المختبرة (المحزوزة) فإنه يصعد إلى ارتفاع آخر (**H'**) وبذلك تكون الطاقة المستعملة في كسر العينة هي :

$$U_T = W (H-H') - F.E.$$

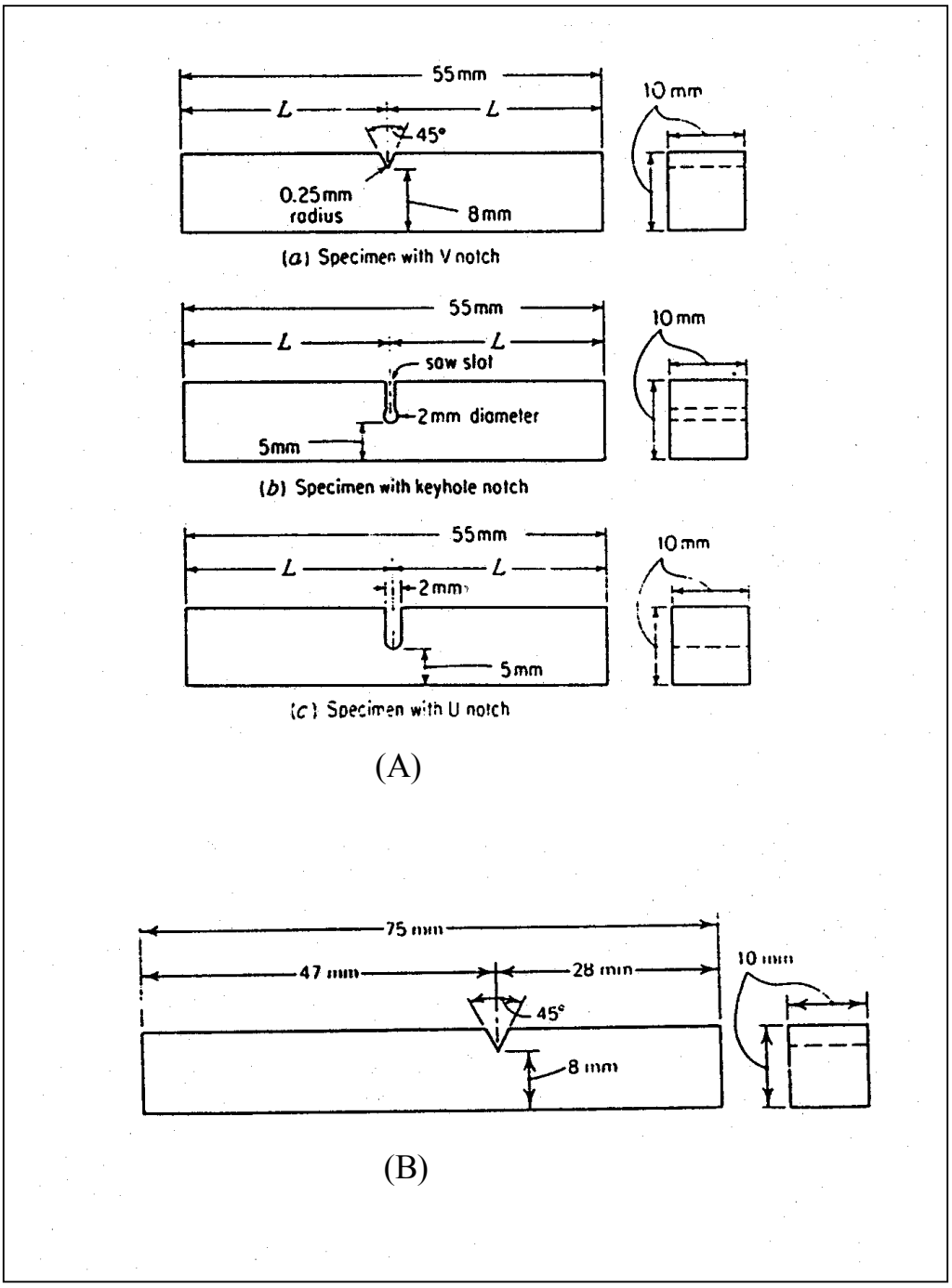
حيث **F.E** الطاقة المفقودة نتيجة الاحتكاك ويمكن اهمالها نتيجة صغر قيمتها ، وتستخدم العينات المحزوزة في كل من اختباري تشاربي وأيزود لتحديد مكان الكسر وتسهيل الكسر في حالة المواد المطيلة نتيجة وجود تمركز للاجهادات عند قاع الحز يضعف مقاومتها للصدم ، وقد تستخدم عينات غير محزوزة في حالة اختبار عينات من الحديد الزهر.



رسم توضيحي لماكينة الصدم وابعادها

أشكال العينات القياسية:

لكل من اختبار أيزود وتشاربي شكل للعينة يختلف من حيث شكل الحز ، فاختبار أيزود للصدم شكل الحز ثابت لكل العينات وهو زاوية ٤٥° وبعمق ٢مم أما في حالة تشاربي فيكون الحز بأشكال مختلفة ويكون في وسط العينة كما هو موضح في الرسم أدناه .

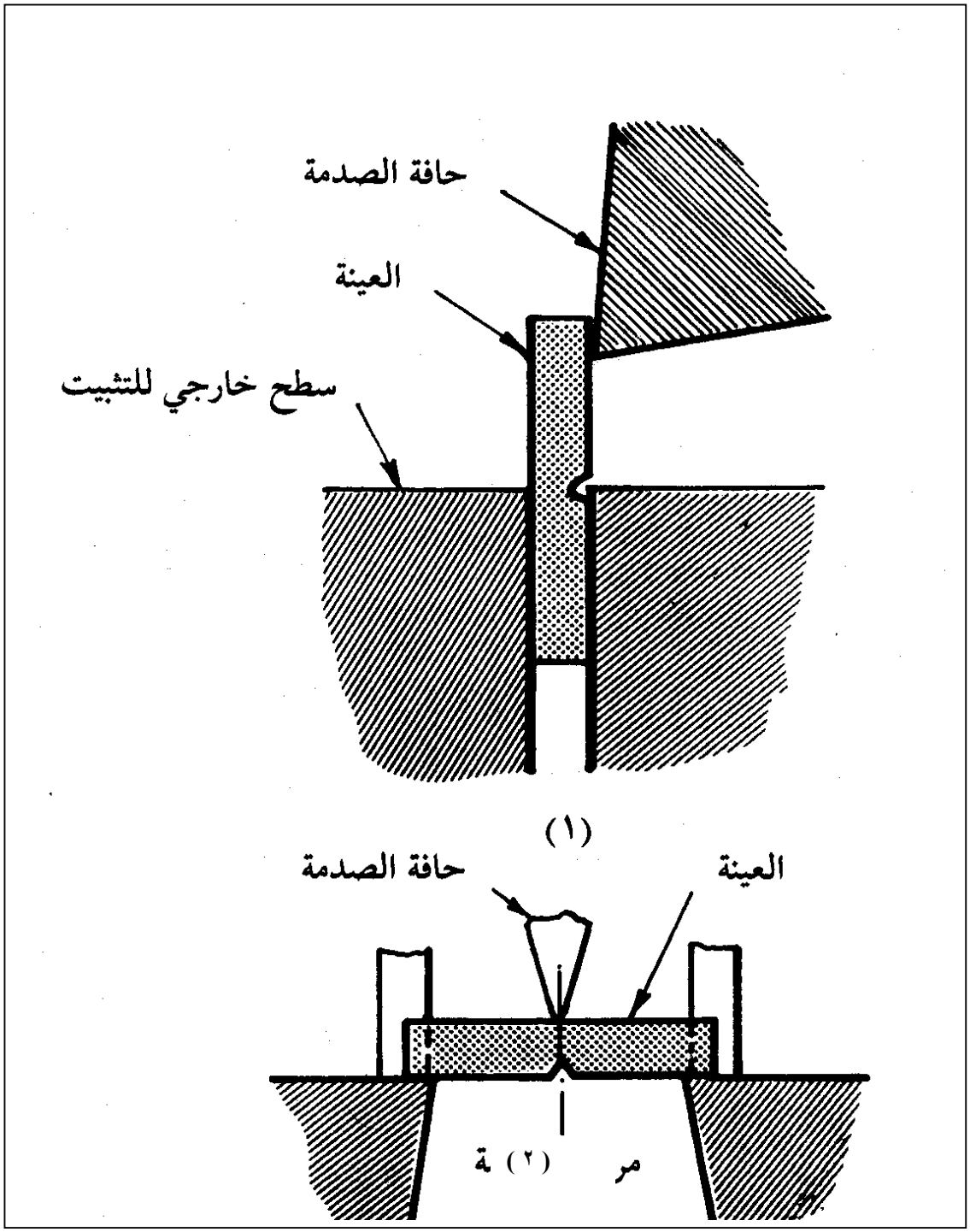


A -أشكال عينات صدم قياسية تشاربي

B- شكل عينة صدم قياسية ايزود

طرق تثبيت العينات:

في اختبار تشاربي تثبت العينة أفقياً بحيث تكون الصدمة تؤثر في منتصفها على

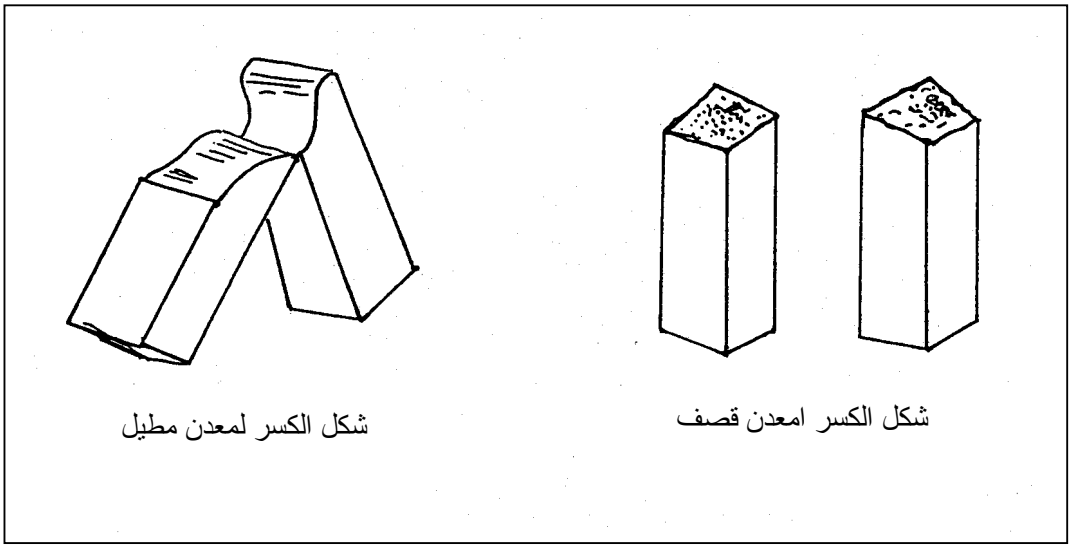


طرق تثبيت العينات في اختبار الصدم. ١ - طريقة ايزود ٢ - طريقة تشاربي

الوجه المقابل للحز . أما في حالة اختبار أيزود فتثبت العينة رأسياً في ماكينة الاختبار بحيث يكون قاع الحز في مستوى السطح العلوي لكلابات التثبيت وتكون الصدمة على نفس السطح المحتوى للحز ، كما في الشكل السابق.

شكل الكسر في العينات:

من الملاحظ أن شكل الكسر للعينة في كل من اختباري تشاربي وأيزود يعكس خاصية ممطولية المعدن أو قصافته فالمعدن المطيل تثنى عينته مع الكسر أما المعدن القصف فتكسر عينته عند الحز ، كما هو موضح في الشكل .



إشكال الكسر في اختبار الصدم للمعادن المطيلة والقصفة

العوامل التي تؤثر على نتائج اختبار الصدم

تتأثر القيم والنتائج التي نحصل عليها من اختبار الصدم لمقارنة عدة معادن مع بعضها بعدة عوامل منها:

١ -اختلاف نوع الماكينات المستخدمة وذلك بسبب الطاقة الممتصة بواسطة الماكينة ذاتها.

٢ -سرعة البندول.

٣ -شكل ومقاس الحز الموجود بالعينة – كذلك شكل قاع الحز.

٤ -درجة الحرارة للعينة فزيادة درجة الحرارة تزيد من ممطولية المعدن وبالتالي تزيد من تحمله للصدم.

التجربة الرابعة

اختبار الصدم

الهدف من الاختبار:

تحديد مدى مقاومة المواد المختلفة للانهيار بتأثير قوى الصدم.

الأدوات والأجهزة المستخدمة:

١ - ماكنة اختبار الصدم.

٢ - عينات اختبار حسب طريقة تشاربي وأيزود.

٣ - قدمه قياس.

خطوات التجربة:

١ - توضع قطعة الاختبار في الماكينة بحيث ترتكز عند طرفيها على ساندي العينة في آلة الاختبار، مع التأكد أن يكون حز العينة في منتصف المسافة بين الساندين .

٢ - يعشق حامل المطرقة فيها بتقريبها منها حتى يدفعها إلى الأمام ، ثم بسحب ذراع التعشيق الموجود في أعلى الذراع .

٣ - ترفع المطرقة إلى الأعلى بواسطة قرص الرفع الموجود في الجهة اليمنى من الجهاز ، حتى يصل المؤشر التلقائي الحركة في العداد إلى أقصى قدرة للآلة وهي ٣٠٠ جول .

٤ - بواسطة ضغط الحلقة الموجودة في مركز العداد ثم تحريكها حتى يدفع القضيب المتحرك معها المؤشر اليدوي، يتم تحريك المؤشر اليدوي في العداد إلى التدريج المقابل للمؤشر التلقائي.

٥ - يتم التأكد من أنه لا يوجد أي شخص قرب الآلة، خاصة في جهتي تحرك المطرقة للخطورة الشديدة التي قد تنتج في حال وقوع أي خطأ من قبل المستعمل.

٦ - تحرر المطرقة بسحب ذراع التعشيق، فتصطدم بقطعة الاختبار، فتنكسر العينة ومن ثم تتأرجح المطرقة ذهاباً وإياباً.

٧ - يتم كبح حركة المطرقة بواسطة سحب الذراع الكابح.

٨ - يتم أخذ القراءة التي يبينها المؤشر اليدوي وتكون هي الطاقة المبذولة لكسر قطعة الاختبار بعد طرح طاقة الاحتكاك للماكينة منها.

الحسابات والنتائج:

نوع المعدن	شكل الحز	مقاس الحز	درجة حرارة قطعة الاختبار	الطاقة القصوى للآلة (جول)	الطاقة المبذولة لكسر قطعة الاختبار (قيمة تشاربي) (جول)
صلب طري					
نحاس أصفر					

ويتم تحديد مقاومة المادة للصدم حسب القانون التالي:

مقاومة الصدم للمعدن = الطاقة المبذولة لكسر قطعة الاختبار / مساحة المقطع عند الحز

المناقشة والاستنتاج:

مقارنة مقاومة المواد المختلفة للصدم كالمواد المطيلية والصلب الطري والنصف مطيلة (النحاس الأصفر) والقصفة (الحديد الزهر).

مناقشة العوامل المؤثرة على نتائج الاختبار كنوع الماكنة ودرجة حرارة العينة وشكل الحز.

اختبار الصلادة

اختبار صلادة المعادن

HARDNESS OF METALS TEST

صلادة أي معدن هي الخاصية التي تمكنه من الاحتفاظ بشكل سطحها سليماً متماسكاً تحت تأثير الأحمال. وقد تعرف الصلادة بأنها قدرة المعدن (سطح المعدن) على مقاومة حدوث علامة به أو مقاومة البري أي مقاومة التآكل نتيجة الاحتكاك.

وهذا التعريف لا ينطبق على جميع المعادن ولكن أمكن إيجاد طرق لمقاومة الصلادة النسبية للمعادن . وقد عرفت الصلادة طبقاً لهذه الطرق كما يأتي:

١ -صلادة العلامة IDENTATION HARDNESS

وهي خاصية مقاومة المعدن لحدوث علامة به نتيجة تحميله بحمل استاتيكي وديناميكي (كاستخدامها في مقارنة صلادة ألواح المدرعات الحربية من حيث مقاومة اختراق القذائف).

٢ -صلادة الارتداد REBOUND HARDNESS

وهي خاصية قدرة المعدن على الرجوعية أي امتصاص الطاقة وإعادتها ثانية بعد إزالة الأحمال المؤثرة مسببة ارتداداً لها تكبر قيمته كلما كبرت صلادة المعدن (لليايات).

٣ -صلادة الخدش SCRATCH HARDNESS

وهي خاصية مقاومة سطح المعدن للخدش (عمليات البرد).

٤ -صلاة التآكل WEAR HARDNESS

وهي خاصية مقاومة سطح المعدن للبري أي التآكل نتيجة للاحتكاك (العجلات والقضبان الحديدية للقطارات).

٥ -صلادة التشغيل بالمكنات MACHINE ABILITY HARDNESS

وهي خاصية مقاومة المعدن للتشغيل بالمكنات (عمليات القطع والثقب.. الخ).

والنوع الأول هو مدار بحثنا حسب البرنامج المقرر للمعمل.

استخدامات نتائج اختبارات الصلادة للمعادن:

تستخدم نتائج اختبارات الصلادة للمعادن في الأغراض الآتية:

١ -ترتيب المعادن حسب صلادتها وبالتالي المجال الذي تستخدم فيه.

٢ -التحكم في مستوى الإنتاج ومراقبته أثناء التصنيع من حيث هل صلادة المنتج مطابقة لاشتراطات التشغيل أم لا.

٣ -ضبط نسبة الكربون المطلوبة للصلب أثناء الصناعة، حيث إن لكل نسبة كربون معامل صلادة معين.

٤ -بيان مدى تأثير طريقة تشغيل المعدن للشكل المطلوب على صلادته.

٥ -دراسة تأثير عمليات المعاملات الحرارية والتأكد من صحة إجرائها وتغييرها صلادة المعدن طبقاً لذلك .

٦ -معرفة الخواص الميكانيكية للمعادن المتعلقة بخاصية الصلادة فمثلاً صلادة العلامة تتناسب طردياً مع مقاومة الشد وتوجد معادلة تحدد هذا التناسب.

اختبار صلادة العلامة

وهي كما عرفناها سابقاً بأنها خاصية مقاومة المعدن لحدوث علامة به نتيجة تحميله بحمل استاتيكي وديناميكي، وتحدد صلادة المعادن بهذه الطريقة بواسطة عمل علامة بالمعادن بالضغط على سطحها بجسم يترك أثراً بعد إزالة الضغط الذي يؤثر به في مدة بسيطة تتراوح من ١٥إلى ٣٠ ثانية ومن ثم يقاس عرض الأثر أو عمقه، وكلما زادت قيمة الأثر أو العمق كلما كان المعدن أقل صلادة وبالعكس.

أهمية اختبار صلادة العلامة:

تعتبر صلادة العلامة طريقة رئيسية هامة لتحديد ومقارنة صلادة المعادن والمنتجات المعدنية وللتفتيش عليها وللتحكم في مستوى الإنتاج وذلك للأسباب الآتية:

١ -سهولة هذه الطريقة واحتياجها إلى خبره بسيطة لإمكان إجرائها.

٢ -دقتها العالية.

٣ -قلة تكاليفها.

٤ -كونها طريقة غير متلفة.

أنواع اختبار صلادة العلامة:

لصلادة العلامة عدة أنواع مقسمة من حيث الجسم الذي يؤثر به في المعدن وطريقة التأثير، فقد يكون الجسم الذي يؤثر به كرة صغيرة من الصلب ويسمى الاختبار في هذه الحالة باختبار برنل **BRINELL**، وقد يكون هرماً ماسياً دقيقاً فيسمى باختبار فيكرز **VICKERS**، أما إذا كان الجسم عبارة عن كرة دقيقة من الصلب أو مخروط له حرف مستدير من الماس فيسمى الاختبار في هذه الحالة باختبار ركول **ROCKWELL**.

١ - اختبار صلادة المعادن بطريقة برنل **:BRINELL**

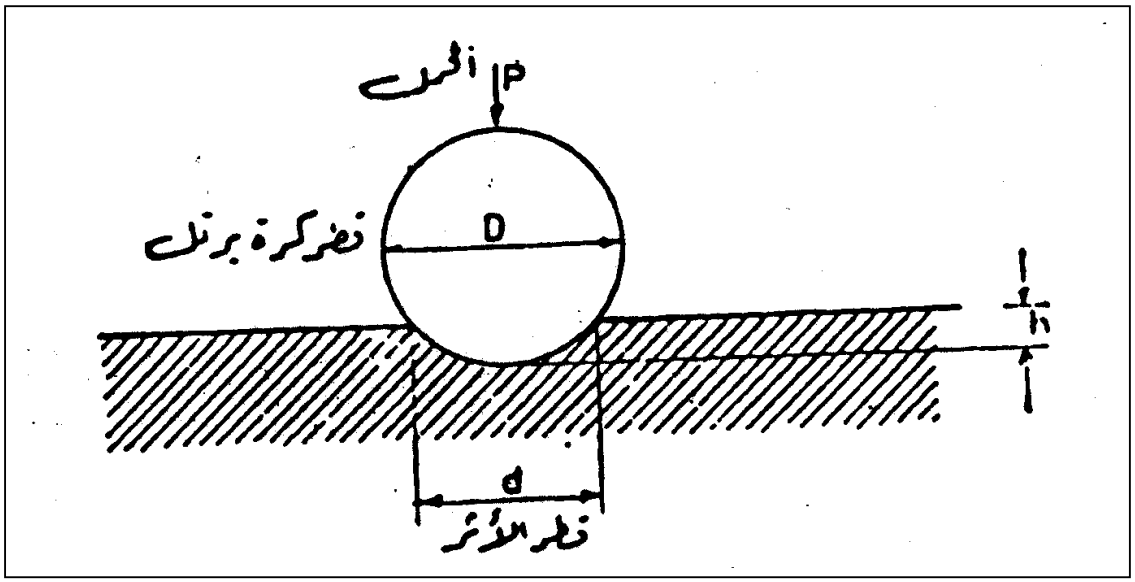
وتتلخص هذه الطريقة في ضغط كرة من الصلب قطرها (**D**)مم ، بحمل قدرة (**P**)كجم ، ثم قياس قطر الأثر (**D**) مم الناتج من ضغط الكرة علىسطح قطعة الاختبار وذلك بعد إزالة الحمل المؤثر . ويعبر عن صلادة المعدن المختبر بهذه الطريقة برقم برنل للصلادة والذي يحسب كما يلي :

رقم برنل للصلادة = حمل الاختبار(كجم)/مساحة أثر الكرةعلىقطعة الاختبار(مم^2)

$$B.H.N. = \frac{P}{\pi D.(\frac{D}{2} - \sqrt{(\frac{D}{2})^2 - (\frac{d}{2})^2})}$$

ويراعى قياس قطر الأثر في اتجاهين متعامدين واعتبار متوسطهما عند حساب رقم برنل للصلادة . ويعتبر الأثر مناسباً لحساب رقم برنل إذا كان قطره يتراوح من ٠,٢٥ إلى ٠,٥ قطر الكرة .

لعمل اختبار الصلادة بهذه الطريقة يمكن استخدام ماكينة هيدروليكية كما في الشكل ، بعد وضع إحدى كرات برنل والتي تصنع من الصلب المصلد وتكون ذات سطح أملس وخالي من العيوب وعادة تستخدم كرات أقطارها (١٠/٥/٣/١) مم ويتوقف قطر الكرة المناسب على أبعاد وسمك عينة الاختبار وعلى حالة جزيئات سطح المعدن المختبر ، وتستخدم أحمال تتراوح ما بين ١كجم إلى ٣٠٠٠كجم .



اختبار برنل للصلادة

العلاقة بين قطر كرة برنل وحمل الاختبار :

بعد إجراء تجارب مختلفة تبين أن متوسط إجهاد الضغط للتحميل على سطح المعدن عدد ثابت عند الحصول على آثار كرات برنل بحيث تتشابه تلك الآثار هندسياً مع اختلاف أقطارها والحمل المؤثر أي أن :

$$\textbf{COMPRESSION STRESS} = \frac{P}{\pi d^2} = Cons\tan t$$

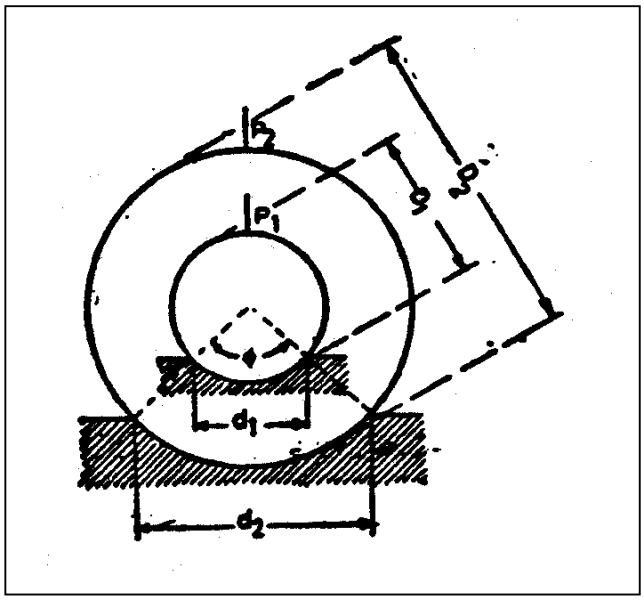
$$\frac{P}{d^2} = Cons\tan t$$

$$\frac{d}{D^2} = Cons\tan t$$

$$\frac{P}{D^2} = Cons\tan t$$

أي أن

حمل الاختبار/مربع قطر كرة = ثابت



حالات التشابه في الاثر (اختبار برنل للصلادة)

ويختلف هذا العدد الثابت باختلاف نوع المعدن وتتوقف قيمته على صلادة المعدن ويبين الجدول الآتي قيمة هذا العدد الثابت والمعادن التي يستخدم لها عند تحديد الحمل .

الثابت	أمثلة من المعادن	رقم برنل للصلادة
٣٠	المعادن الحديدية	أكبر من ١٦٠
١٠	سبائك النحاس وسبائك الألمنيوم	من ٦٠ إلى ١٦٠
٥	النحاس – الألومنيوم	من ٢٠ إلى ٦٠
١	الرصاص – القصدير وسبائكهما	أقل من ٢٠

حدود استخدام طريقة برنل للصلادة :

يعتبر استخدام طريقة برنل غير صحيح في الأحوال الآتية :

١ - المعادن شديدة الصلادة لأن الكرة نفسها سوف تتشكل .

٢ - العينات الدقيقة جداً مثل أمواس الحلاقة لأن عمق الأثر قد يزيد عن سمك العينة ولذلك يجب ألا يقل سمك العينة عن عشرة أمثال عمق الأثر .

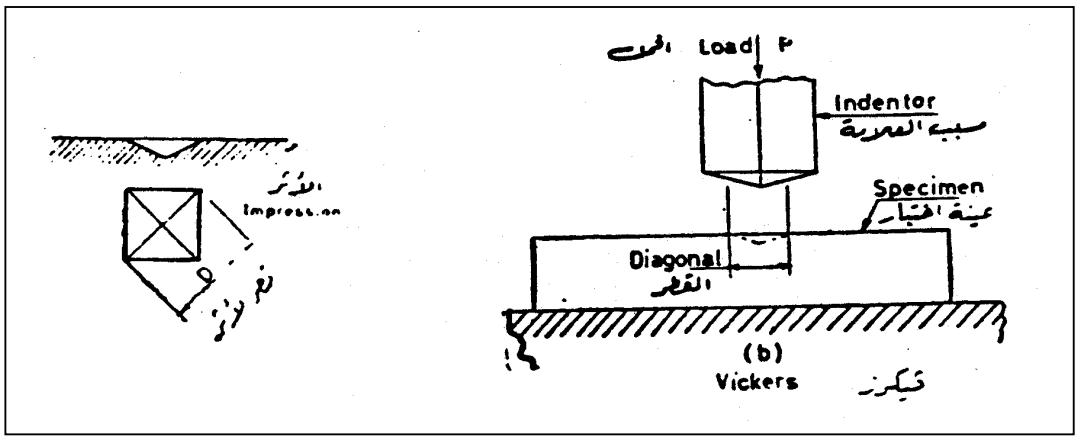
٣ - المعادن المصلدة بالتغليف لأن عمق الأثر قد يزيد عن سمك الجزء المصلد .

ب - اختبار صلادة المعادن بطريقة فيكرز: **VICKERS**

يجري هذا الاختبار بنفس طريقة برنل ولكن الجسم المحدث للأثر ليس كرة من الصلب ولكن عبارة عن هرم من الماس مربع القاعدة وتتقاطع مستوياته عند الحروف بزاوية مقدارها ١٣٦° ، ويحسب رقم فيكرز للصلادة كالآتي :

رقم فيكرز للصلادة = حمل الاختبار(كجم)/مساحة الأثرعلى قطعة الاختبار(مم^2)

$$\textbf{Vickers hardness number} = \frac{2.P.\sin(\theta/2)}{D^2} = 1.854\frac{P}{D^2}$$



اختبار الصلادة بطريقة فيكرز

الفرق بين الهرم الماسي وكرة برنل

ويلاحظ أن الهرم الماسي المؤثر بالحمل يختلف عن كرة برنل بالآتي :

١ -الهرم الماسي أكثر صلادة من كرة برنل لذلك ليس له ظاهرة التغير في الشكل مهما كبرت صلادة المعدن المختبر أو مهما تغيرت الأحمال المؤثرة .

٢ -الهرم الماسي دقيق وأصغر مقاساً من كرات برنل مما يجعله يعطي أثراً دقيقاً يجعل بالإمكان تحديد صلادة المعادن الرقيقة السمك حتى سمك ٠,١مم .

٣ -نظراً لحروف الهرم الحاد فإن أثره يظهر واضحاً محدداً وبذلك يكون قياس قطر الأثر مضبوطاً ودقيقاً أكثر من حالة برنل .

ج - اختبار صلادة المعادن بطريقة ركول: **ROCKWELL**

يجرى اختبار الصلادة في هذه الطريقة بجسم محدث للأثر عبارة عن كرة صغيرة من الصلب المصلد قطرها ١,٥٨٨٨مم أو مخروط له حرف مستدير من الماس يسمى **BRALE** ويؤثر على

العينة بحمل ٦٠ أو ١٠٠ أو ١٥٠ كجم وذلك بعد تحميل العينة بحمل ابتدائي قيمته ١٠كجم **LOAD MINOR**، وتقرأ قيمته رقم ركول للصلادة مباشرة من مقياس الصلادة.

وقد بنى ركول طريقتها على أساس أن رقم ركول المبيان يتناسب تناسباً عكسياً مع عمق الأثر الناتج من الحمل ، أي أنه كلما زاد عمقا لأثر كلما صغر رقم ركول للصلادة أي كلما قلت صلادة المعدن المختبر .

وتنقسم طريقة ركول إلى ثلاثة أقسام ، ركول **A** و ركول **B** و ركول **C** وهي موضحة في الجدول من حيث الجسم المحدث للأثر والحمل المطبق والمعادن التي تختبر صلادتها بكل قسم (أو مقياس) .

جدول يوضح مقاييس ركول للصلادة

مقياس ركول	الجسم المحدث للأثر	الحمل الكلي للأثر كجم	المعادن التي يحدد صلادتها المقياس
Bركول	كرة صلب مصلدة قطر ١,٥٨٨مم	١٠٠	الصلب الكربوني الطري والمتوسط والألواح والقضبان المعدنية الطرية
ركول C	مخروط بحرف ماسي مستدير Brale	١٥٠	الصلب المصلد والسبائك الحديدية والسبائك المعدنية ذات صلادة أكثر من ركول ١٠٠
ركول A	مخروط بحرف ماسي مستدير **Brale**	٦٠	شرائح الصلب المصلد الرقيقة والمعادن والسبائك شديدة الصلادة وفي اختبار الصلادة إذا أريد أن يكون الأثر الحادث صغيراً

ويراعى عند تجهيز العينة نفس ما ذكر سابقاً في طريقة برنل من حيث جعل السطح مستوياً وناعماً وخالياً من الخدوش .. الخ .

وتستخدم هذه الطريقة بكثرة في الصناعة للأسباب الآتية :

١ - صغر الجهاز الخاص بها .

٢ - الحصول على رقم الصلادة مباشرة من قراءة تدريج الجهاز مما يوفر عملية الحساب .

٣ - جهازها لا يحتاج إلى خبرة لتشغيله والعمل عليه .

٤ - صغر الأثر الناتج من طريقة ركول مقارنة بالأثر الناتج من طريقة برنل .

التجربة الخامسة

اختبار صلادة المعادن

الهدف من الاختبار:

تحديد صلادة المواد المختلفة بطريقة برنل وفيكرز وركول.

الأدوات والأجهزة المستخدمة:

١ - عينات الاختبار.

٢ - ماكنات اختبار الصلادة.

خطوات التجربة:

أ) طريقة برنل:

١ -يتم اختيار قطر كرة برنل (**D**) المناسب، ثم يتم تعيين قيمة الثابت (**C**) من الجدول الخاص بذلك ، وبناء على ذلك يتم تحديد قيمة الحمل من العلاقة $P/D^2 = C$.

٢ -توضع قطعة الاختبار على قاعدة جهاز الاختبار ثم توضع كرة برنل المناسبة على سطحها ويضغط عليها بحمل يزداد تدريجياً حتى تصل قيمة حمل الاختبار (**P**) ثم يترك حمل الاختبار مؤثراً لفترة زمنية تتراوح بين ١٥ و ٣٠ثانية يزال بعدها الحمل وتبعد كرة برنل عن سطح قطعة الاختبار .

٣ -توجه عدسة المجهر لسطح قطعة الاختبار فيظهر أثر الكرة على شاشة الجهاز وسيكون عبارة عن دائرة يقاس قطريها باستخدام القدمة ذات الورنية المثبتة على الشاشة في اتجاهين متعامدين ويحسب متوسطهما (**D**) .

ب) طريقة فيكرز:

١ -يتم اختيار قيمة حمل الاختبار المناسب لنوع المعدن المجرى عليه الاختبار.

٢ -توضع قطعة الاختبار على قاعدة جهاز الاختبار ثم يؤثر على سطحها بالهرم الماسي المثبت برأس الجهاز والذي يضغط على سطح قطعة الاختبار بحمل يزداد تدريجياً حتى يصل إلى حمل الاختبار (**P**) ثم يترك هذا الحمل مؤثراً لفترة زمنية تتراوح من ١٥ و ٣٠ثانية .

٣ - يزال الهرم الماسي عن سطح قطعة الاختبار وتوجيه عدسة المجهر عمودية عليه فيظهر أثراً مربعاً على الشاشة فيقاس قطرية بالقدمة ذات الورنية المثبتة على الجهاز ويحسب متوسطهما وليكن (**D**) .

ج) طريقة ركول :

١ -يختار مقياس ركول (ركول **A** ركول **B** ركول **C**) المناسب لنوع المعدن المختبر و يضبط جهاز الاختبار على ذلك المقياس .

٢ -توضع قطعة الاختبار في جهاز الاختبار ثم يضغط على سطحها بجسم عبارة عن كرة صغيرة من الصلب المصلد قطرها ١,٥٨٨مم في حالة ركول **B** أو مخروط ماسي مستدير **BRALE** في حالة ركول **A** وركول **C** ، بحيث يتم الضغط كما يلي :

أ) الضغط بالحمل الابتدائي وقدره ١٠كجم ثم يضبط مؤثر القرص المدرج لرقم ركول للصلادة على تدريج صفر .

ب) زيادة الحمل بإضافة الحمل الكبير حتى يكون الحمل الكلي ٦٠ أو ١٠٠ أو ١٥٠ كجم لمقاييس ركول **A** أو ركول **B** أو ركول **C** بالتوالي .

ج) يزال الحمل الكبير ثم يسجل رقم ركول وهو قراءة المؤشر على التدريج لمقياس ركول المستخدم ، مع ملاحظة أن الحمل الصغير ما زال مؤثراً .

الحسابات والنتائج :

أ) طريقة برنل :

معدن العينة	قطر الكرة **D MM**	قيمة الثابت **C**	حمل الاختبار **P KG**	قطر الأثر **DI MM**	قطر الأثر **D2 MM**	القطر المتوسط **D MM**	رقم برنل

يتم حساب رقم برنل للصلادة (**B.H.N**) تبعاً للقانون السابق .

ب) طريقة فيكرز :

معدن العينة	حمل الاختبار P KG	قطر الأثر DI MM	قطر الأثر D2 MM	القطر المتوسط D MM	رقم برنل

يتم حساب رقم فيكرز للصلادة (**V.H.N**) تبعاً للقانون السابق .

ج) طريقة ركول :

معدن العينة	قيمة ركول A	قيمة ركول B	قيمة ركول C

يتم أخذ قيمة ركول للصلادة من ماكينة الاختبار مباشرة دون إجراء حسابات .

المناقشة والاستنتاج :

يتم مناقشة صلادة المواد المختلفة ، كما يقارن حجم الأثر الحاصل من الاختبارات الثلاثة ومناقشة أي الاختبارات أدق.

مناقشة تأثير اختلاف الأحمال عند ثبات الهرم الماسي على قيمة صلادة فيكرز.

الاختبارات غير المتلفة
NON - DESTRUCTIVE TESTING

مقدمة :

يقصد بالاختبارات غير المتلفة جميع الاختبارات التي تمكننا من إجراء الاختبار والتفتيش الفني على المواد الهندسية ومنتجاتها دون الإضرار باستخداماتها المستقبلية .

وقد ظهرت في السنوات الأخيرة الحاجة الشديدة لاختبارالمواد وأجزاء الماكينات والمنشآت قبل دخولها في بناء جسم الماكينة وخاصة تلك المعرضة إلى إجهادات عالية مثل الطائرات .

ولا تكفي الاختبارات المتلفة التي تجرى على عينات من كل مجموعة ليكون نجاحها دليلاً على صحة باقي المجموعة . حيث تكون هنالك بعض من قطع المجموعة معيبة بالرغم من سلامة جميع القطع المختارة كعينات .

مزايا الاختبارات غير المتلفة :

١ -تؤدي إلى حماية الأرواح بمعنى الأجزاء المعيبة من التواجد في بعض المنشآت والماكينات مثل الطائرات .

٢ -تؤدي إلى توفير تكاليف الإنتاج بتجنب المواد ذات العيوب الخفية قبل الاستمرار في جميع خطوات العملية الصناعية غالية التكلفة .

٣ -تحسن طرق الإنتاج والعمل من خلال المعلومات المجمعة مما يؤدي إلى تقليل الخردة بصورة كبيرة.

طرق الاختبارات غير المتلفة :

١ -الاختبارات بالفحص البصري .

٢ -الاختبارات بالضغط والتسرب .

٣ -الاختبارات باختراق السوائل .

٤ -الاختبارات بالطرق الحرارية .

٥ -الاختبارات بالفحص بالمجال المغناطيسي .

٦ -الاختبارات بالموجات فوق السمعية .

وغير هذه الاختبارات العديد من الأنواع .

اختبارات الفصح بالمجال المغناطيسي **MAGNAFLUX INSPECTION**

نظرية الاختبار :

تتلخص هذه النظرية في أنه إذا حدث مجال مغناطيسي في قطعة يراد اختبارها ثم رشت ذرات الحديد عليها نجد أن تلك الذرات تتجمع في مناطق الشروخ والشوائب . كما أنه يمكن أيضاً بتقدير المنفذية المغناطيسية ومقارنتها أن تتبين مواضع العيوب ومدى التجانس في الأجزاء المختبرة الامر الذي يمكن الحكم به على مدى صلاحية تلك الأجزاء للاستعمال .

تقسيم المواد حسب منفذيتها المغناطيسية :

يمكن تقسيم المواد على أساس منفذيتها المغناطيسية إلى :

أ) مواد بارا مغناطيسية **PARAMAGNETIC** كالهواء والألمنيوم .

ب) مواد دايامغناطيسية **DIAMAGNETIC** كالنحاس .

ج) مواد حديدية **FERROMAGNETIC** كالحديد والنيكل والكوبالت .

جهاز الاختبار بمقارنة المنفذية المغناطيسية :

تتلخص هذه الطريقة في مغنطة العينات المختبرة باستخدام التيار المتغير بأجهزة خاصة وبيان مدى منفذيتها المغناطيسية ومقارنة بعضها مع بعض .

استخداماتها :

تستخدم هذه الطريقة في الإنتاج الصناعي لضمان تجانس القطع المنتجة حيث يستدل على عدم التجانس أو وجود العيوب بالاختلاف في المنفذية المغناطيسية التي يمكن بيانها على جهاز الاختبار. حيث تظهر موجات على شاشة الجهاز أو تضاء لمبات كهربائية عند اختبار عينات مختلفة عن العينات السليمة فيمكن استبعادها وبذلك يكون الإنتاج تحت مراقبة دقيقة .

جهاز اختبارات الشروخ بالمجال المغناطيسي

نظرية الاختبار بالمغناطيسية :

إذا رشت برادة الحديد حول قضيب ممغنط فإنها تتشكل حسب خطوط القوى المغناطيسية في المجال المغناطيسي للقضيب . كما أنها تتجمع بكثرة حول القطب الشمالي والقطب الجنوبي للقضيب فإذا وجد كسر في القضيب أو شرخ فإن كل من جزئي القضيب يعمل كمغناطيس مستقل بذاته له قطب شمالي وقطب جنوبي تسمى بالأقطاب الموضعية فإذارشت برادة الحديد فإنها تتجمع حول القطبين الشمالي والجنوبي وكذلك القطبين الموضعيين .

وبذلك إذا وجد في جسم ممغنط شرخ تام أو جزئي فإن الأقطاب الموضعية التي تتكون نتيجة لذلك تتسبب في تكون ذرات الحديد حولها الأمر الذي يكشف عن موضع الكسر أو الشرخ .

استخدامات طريقة برادة الحديد ، تستخدم هذه الطريقة في :

- الكشف عن الشروخ الناتجة من الحرارة أو من عمليات التشغيل أو من معاملة المعدن حرارياً .
- الكشف عن الشروخ الناتجة من كلال المعادن ولا سيما في مجال الصدأ .
- بيان شروخ اللحام .
- معرفة الفجوات الداخلية والعيوب تحت سطح العينات لا سيما عيوب اللحام الداخلية .

وقد تعطي هذه الطريقة بعض المظاهر الخادعة من تجمعات برادة الحديد يظن منها أنها أماكن تواجد شروخ ولكنها قد تكون في الواقع نتيجة لتراكم البرادة حول فتحة أو حرف صدأ أو لتغير مفاجئ لقطاع العينة المختبرة أو لوجود مجال مغناطيسي خارجي في مكان التجربة أو عند نقطة اتصال لمعدنين جديدين مختلفين حيث تختلف منفذيتها المغناطيسية لذلك يحسن مراعاة تلك الظواهر ومثيلاتها عند إجراء الاختبار .

ملاحظات هامة :

١ - للكشف عن الشروخ الطولية تستخدم طريقة المجال الدائري **CIRCULAR FIELD** .

٢ - للكشف عن الشروخ العرضية تستخدم طريقة المجال الطولي **LONGITUDINAL FIELD** .

التجربة السادسة

المقارنة بواسطة جهاز النفاذية المغناطيسية

الهدف من التجربة:

معرفة مدى النفاذية المغناطيسية للمواد ومقارنة العينات بعضها ببعض ومعرفة مدى تجانسها وتماثلها .

الأدوات والأجهزة المستخدمة :

١ - عينتين قياسيتين .

٢ - العينات المراد اختبارها .

٣ - جهاز النفاذية المغناطيسية .

خطوات التجربة :

١ - يتم تشغيل الجهاز من المفتاح الرئيسي رقم (١) .

٢ - يتم اختبار شكل الموجه بواسطة المفتاح رقم (٢) .

٣ - يتم ضبط التيار على (٠,٧) أمبير (بواسطة ضبط زر مدى التيار على (١) أمبير من المفتاح رقم ١٢ والتحكم في قيمة التيار من المفتاح رقم ١٣ حتى يتم الضبط على التيار المطلوب) .

٤ - يضبط مفتاح تكبير الموجه رقم ١١ على الوضع ١ ، ويضبط مفتاح الضبط الدقيق **11** على (٥٠٠) .

٥ - يتم ضبط مفتاح التحكم في **YO** و **XO** رقم ٤٩ -١ على (٥٠٠) .

٦ - ضبط قطعتي الاختبار المتشابهتين في الخواص المطلوبة (العينات القياسية) في كل من ملفي الاختبار .

٧ - يتم ضبط المنحنى الموجود على الشاشة حتى يصبح خطأ مستقيماً بواسطة تحريك مفتاحي التحكم **YO** و **XO** وبذلك تكون قد أتممت المعايرة المبدئية للجهاز .

٨ - يتم رفع أحد قطعتي الاختبار المتشابهتين .

٩ - يتم وضع القطعة المراد اختبارها في الملف الفارغ .

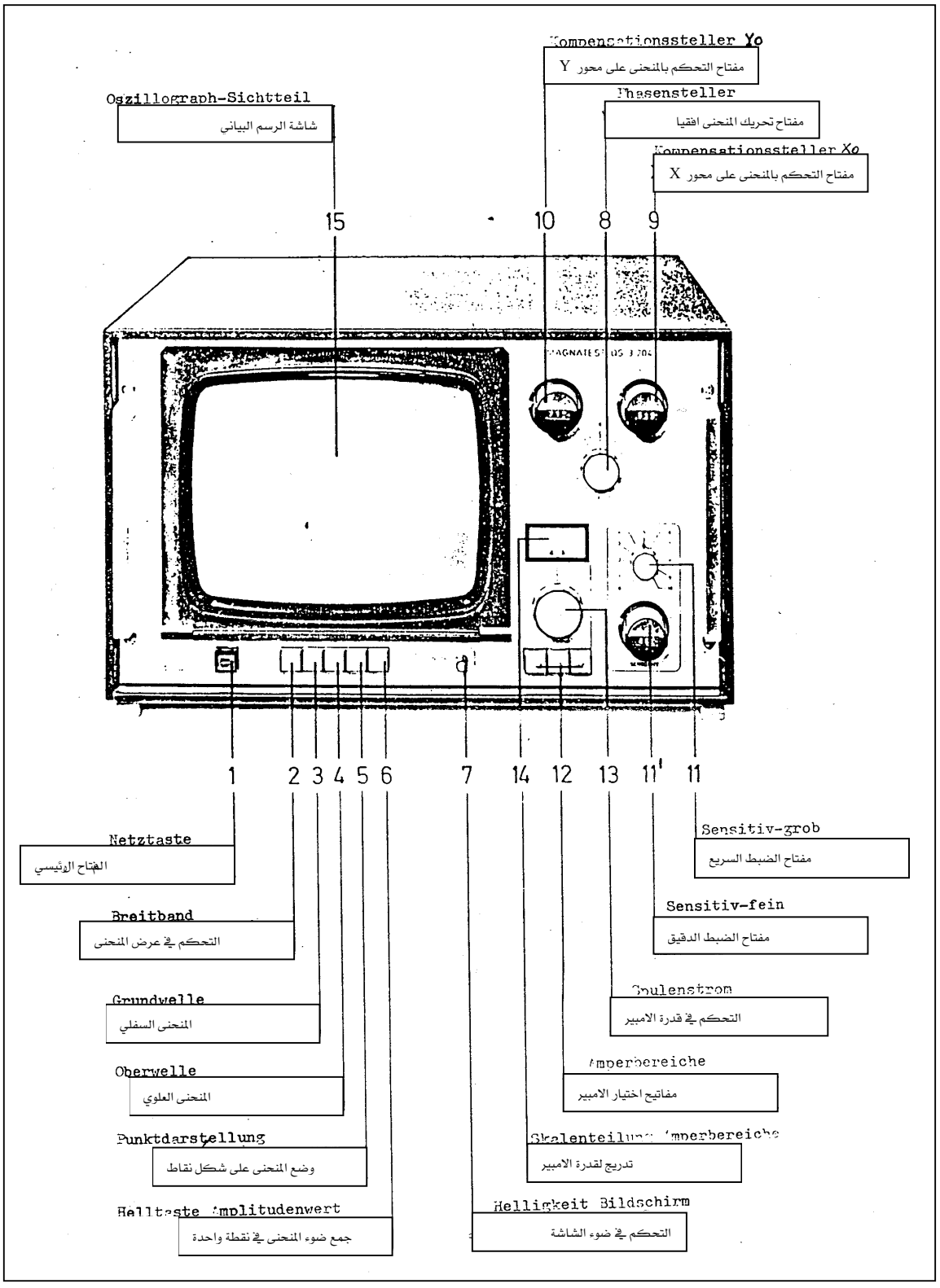
١٠ - إذا استمر الخط الموجود على الشاشة مستقيماً (أي لم يتولد اختلاف في الجهد) فإن القطعة المختبرة مطابقة للقطعة القياسية فتكون مقبولة .

الحسابات والنتائج :

يتم الحكم على العينات المراد اختبارها من حيث القبول أو الرفض (مدى مماثلتها للعينات القايسية أم لا) . وذلك بناءاً على نفاذيتها المغناطيسية .

المناقشة والاستنتاج :

مناقشة النفاذية المغناطيسية للمواد وكذلك بعض أسباب عدم التجانس في المواد .



جهاز النفاذية المغنطيسية

التجربة السابعة

الكشف عن الشروخ باستخدام جهاز الاختبار المغنطيسي

الهدف من التجربة:

الكشف عن الشروخ غير المرئية الطولية والعرضية في المعادن

الأدوات والأجهزة المستخدمة:

١ - العينات المراد اختبارها

٢ - جهاز الاختبار المغناطيسي.

خطوات التجربة:

أ) الكشف عن الشروخ الطولية:

١ – ضع العينة المختبرة بين فكي الآلة وثبت الفك المتحرك عند وضع مناسب لحمل العينة.

٢ – أدر المفتاح الرئيسية إلى الوضع (**1**).

٣ – أدر مفتاح المغنطة الدائرية إلى الوضع (**1**).

٤ – أدر مفتاح المغنطة الخطية إلى الوضع (**O**).

٥ – ضع مفتاح التحكم في المغنطة الدائرية عند قيمة مناسبة.

٦ – شغل مفتاح القدم ليضغط على العينة ويمر التيار الكهربائي مسبباً مغنطة العينة (للتأكد من مرور التيار سيطفأ مصباح مرور التيار).

٧ – افتح الصمام الخاص بمحلول البرادة وسلطة على العينة (مع الحذر الشديد لأن هذا المحلول له تأثير ضار على الجلد).

٨ – يتم قفل صمام البرادة.

٩ – ترفع القدم عن مفتاح القدم فتظهر الشروخ الموجودة بالعينة باللون الأصفر.

ب) الكشف عن الشروخ العرضية.

نفس الخطوات السابقة ولكن:

٣ – أدر مفتاح المغنطة الدائرية إلى الوضع (**O**).

٤ – أدر مفتاح المغنطة الدائرية إلى الوضع (1).

الحسابات والنتائج:

يتم الحكم على العينات من حيث وجود شروخ بها أم لا.

المناقشة والاستنتاج:

الإشارة إلى الفرق بين كشف الشروخ الطولية عن العرضية وسبب ذلك

الإشارة إلى تجمع البرادة في بعض المواقع أحياناً دون وجود شروخ وسبب ذلك.

الموضوع	الصفحة
تعريف بمعمل اختبار المواد	١
اختبار الشد	٥
اختبار الشد اختبار الشد لعينات من (الصلب الطري – النحاس الأصفر – الحديد الزهر)	٩
توزيع الاستطالة وتحديد ثوابت أنوين	١٨
اختبار الضغط	٢٠
اختبارالصدم	٢٧
اختبار صلادة المعادن	٣٥
اختبار صلادة المعادن	٣٥
الاختبارات غير المتلفة	٤٦

تقدر المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني الدعم

المالي المقدم من شركة بي آيه إي سيستمز (العمليات) المحدودة

GOTEVOT appreciates the financial support provided by BAE SYSTEMS