

خصائص واختبارات المواد الهندسية

Properties of materials and mechanical tests



وحدة مشتركة للمهن المعدنية والميكانيكية

الصف الأول

العام التدريبي (٢٠١٩ / ٢٠٢٠)

الفهرس

الجزء الأول: المواد الهندسية..... ٣

١- تحديد الخصائص الفيزيائية للمواد الهندسية ٦

الجزء الثاني: الاختبارات الميكانيكية المتلفة..... ١٩

٢- اختبار الشد Tensile test ٢٤

٣- اختبار الانضغاط Compression test ٤٣

٤- اختبار الصلادة Hardness test ٦٠

٥- اختبار الصدم Impact test ٨٢

٦- اختبار الالتواء Torsion test ٩٤

٧- اختبار القص Shear test ١٠٧

الجزء الثالث: الاختبارات الميكانيكية الغير متلفة..... ١١٥

٨- الاختبار بطريقة الفحص البصرى (Visual Inspection) ١٢١

٩- الاختبار بطريقة السوائل النافذة أو المخترقة (Penetrant Inspection) ١٣٢

١٠- الاختبار بطريقة الجسيمات المغنطة (Magnetic Particle Test) ١٤٢

مقدمة

المواد الهندسية عبارة عن أية مادة تدخل في أي عمل من أعمال الإنشاء، سواء كانت مادة صناعية، أو عمرانية، وقد استعمل الإنسان منذ نشأته على الأرض المواد المختلفة ليصنع منها أدواته وليسذ بها احتياجاته المختلفة. ومنذ ذلك الحين وقد قام الإنسان بالبحث والتنقيب واستحداث مواد جديدة لتلائم استخداماته واحتياجاته المتنوعة والمتجددة حتى أصبحت هذه المواد تمثل الأساس والمحرك الرئيسي للنهضة العلمية والتكنولوجية والصناعية. تتواجد بعض المواد الخام في الطبيعة وتستخدم كما هي مثل لذلك الفحم الحجري والكالسيوم والفوسفات والبعض الآخر من هذه المواد يجب تجهيزها واستخلاصها لتحسين خواصها ومن أمثلة ذلك الحديد الذي يستخلص منه الحديد الزهر الخام لإنتاج الصلب.

يحتوي كتاب التدريبات العملي لعلم المواد واختباراتها المبني على مجموعة من الجدارات، حيث يتم فيه تسجيل التدريب لكل جدارة عملية مشتركة للمهن الميكانيكية بصفة عامة.

علوم وهندسة المواد واختباراتها هو تخصص متداخل يتضمن دراسة خواص المواد وتطبيقاتها الصناعية المناسبة لظروف التشغيل على الماكينات. جميع المواد الفيزيائية لها ثلاثة حالات، هي الحالة الصلبة أو السائلة أو الغازية.

تعتمد دراسة علوم المادة بشكل أساسي على معرفة خصائص كل مادة منها تبعاً للمعلومات النظرية أو المخبرية، ويعد هذا المجال من أكثر المجالات الصناعية ارتباطاً بالمختبرات العلمية ابتداءً من مختبرات فحص وتقييم المواد الخام قبل التصنيع والأفران الحرارية والمجاهر Microscope الإلكترونية عالية الدقة.

يبحث علم خواص ومقاومة المواد واختباراتها في الدراسات الفنية والتطبيقية لجميع المواد الهندسية في كافة المجالات الهندسية سواء في مجال الإنشاءات أو صناعة الآلات والمعدات المستخدمة في جميع نواحي الحياة.

كما يبحث هذا العلم في تطوير وسائل الإنتاج بما يحقق أعلى مستوى للأداء والكفاءة لتسهيل ورفاهية حياة الإنسان. ويرجع الفضل في التطور التكنولوجي السريع بدرجة كبيرة إلى دور علم خواص ومقاومة المواد الذي ساهم في تحقيق هذا التطور المبني على معرفة أسرار المواد وبيان الخواص الفنية الدقيقة لكل مادة وتحديد المجالات التطبيقية ومجال الاستخدام للمواد الهندسية المختلفة هذا فضلاً عن دور هذا العلم في تحديد كافة الخواص الطبيعية والكيميائية والميكانيكية المميزة لكل مادة وكذلك قدرتها على تحمل الأحمال المختلفة ودراسة كيفية تطوير المواد الهندسية للحصول على خواص مميزة جديدة من شأنها توسيع مجالات الاستخدام.

الجزء الأول: المواد الهندسية

Engineering materials

مقدمة

تتميز المواد الهندسية التي يتعامل بها الفني عند عمليات التشغيل على الماكينات بان كل مادة لها خواص وصفات ومقاييس تتميز مادة عن مادة أخرى من حيث اللون والكثافة والمتانة والهشاشة والمرونة. ويجب على فني التشغيل والتشكيل للمهن الميكانيكية المعرفة الصحيحة بخواص المواد لكي يتمكن من استخدامها استخداما صحيحا والتعامل معها مناولتها وتخزينها بالشكل المناسب. تفيد الخواص أيضا في مقارنة العينات المختلفة للمادة الواحدة، ويلاحظ أنه لا توجد قطعتان من مادة واحدة لهما نفس الخواص تماما بمنتهى الدقة ويعود ذلك إلى عوامل كثيرة تتعرض لها المادة أثناء الصناعة أو نتيجة لعمليات التشكيل أو إلى عوامل الزمن أو إلى التغير في درجة الحرارة أو الرطوبة أو إلى عوامل أخرى.

تشتهر المعادن بالعديد من الخواص المختلفة، وعلى رأسها خواصها الفيزيائية، والتي سمحت باستخدامها في العديد من التطبيقات المختلفة، فتعتبر المعادن موصلات جيدة للحرارة والكهرباء نتيجة سحابة الإلكترونات التي تنقل التيار الكهربائي بحرية خلال المعدن، وكما أنها تمتلك بالعادة كثافة أعلى من تلك التي تمتلكها المواد غير المعدنية، كما تظهر المعادن عادة بصورة لامعة. وتمتلك المعادن أيضا درجات انصهار وغلجان عالية نتيجة للرابطة الفلزية القوية التي تجمع بين ذرات المعادن، والتي تحتاج إلى كميات كبيرة من الطاقة للتغلب عليها وكسرها.

تنقسم المواد الهندسية بحسب طبيعتها كما هو مبين في شكل رقم ١ إلى:

١. مواد معدنية (Metallic Material)

تشمل المواد المعدنية جميع المواد الخام وسبائكها، وتنقسم المواد المعدنية التي تدخل في المشغولات والأعمال الإنشائية إلى:

أ. مواد حديدية مثل الصلب والحديد المطاوع والحديد الزهر.

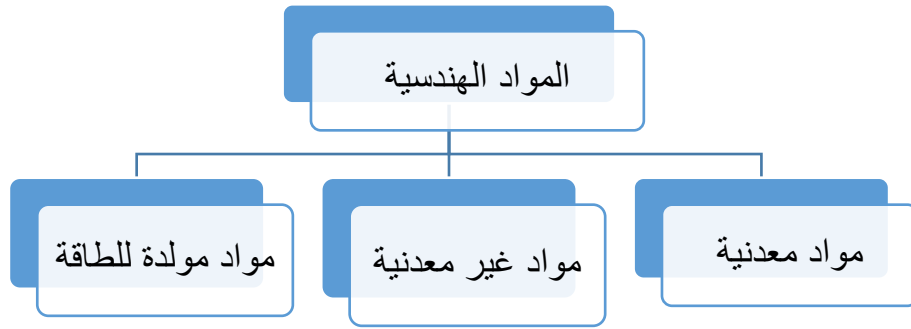
ب. مواد غير حديدية مثل النحاس والبرونز والألمنيوم والرصاص والقصدير الخ.

٢. مواد غير معدنية

تشمل المواد الغير معدنية البوليمرات والبلاستيكيات بأنواعها والخزفيات أو مثل الأرتلون Artleon والبريسبكس Perspex والخشب والأحجار..... الخ.

٣. مواد مشعة (مولدة للطاقة)

مثل الماء والوقود والمواد المشعة مثل اليورانيوم لإنتاج الطاقة الذرية وهي خارج نطاق هذا المستوى التعليمي.



شكل رقم ١: الأقسام الثلاثة للمواد الهندسية

وتعتبر الأرض والغلاف الجوي والمائي للأرض هي المصدر الرئيسي للمواد الخام (Raw Materials) التي يستخرج منها كافة المواد الهندسية. ويجب على جميع الفنيين العاملين في مهن التشغيل والتشكيل الميكانيكية واللحام وغيرها أن يكون لديهم المقدرة على تمييز نوع المادة التي يعملون عليها ومعرفة نوعها وكذلك معرفة الخصائص الميكانيكية الرئيسية للمادة التي يتم تشغيلها، لتجنب تعرضها للشروخ أو الكسر أو الإجهاد أثناء التشغيل على الماكينات.

تحديد الخصائص الفيزيائية للمواد الهندسية

تدريب رقم	١	الزمن	٤ ساعات
-----------	---	-------	---------

أهداف

- ✍ تحديد حالة المادة (صلبة، سائلة، غازية)
- ✍ فحص واختبار وتحديد المعادن والخامات المختلفة
- ✍ فحص واختبار وتحديد المواد والخامات الغير معدنية الصلبة كالبوليمر والزجاج
- ✍ التعرف على الغازات المتصاعدة عند التشغيل على الماكينات وتفادي أخطارها (مثل الغاز المتصاعد أثناء اللحام)
- ✍ دراسة تأثير درجة الحرارة على تغير حالة المواد أثناء التشغيل (اللحام)

الاحتياطات والأمان

- ✍ استخدام سوائل غير قابلة للاشتعال عن مصدر اللهب
- ✍ استخدام غازات غير سامة وغير قابلة للاشتعال مثل الهواء من الكمبريسور أو بخار الماء.
- ✍ تجهيز قطع معدنية غير حادة الجوانب حتى لا تتسبب بجروح للأيدي عند لمسها.
- ✍ قطع راتنجية مثل البوليمر polymer أو الأرتلون Artleon والبريسبكس Perspex.

متطلبات التدريب

الكمية	المواد والخامات	العدد والأدوات
١/نوع	قطع معدنية من معادن مختلفة مثل الحديد والنحاس والألمنيوم (يفضل أن تكون بنفس القطر والطول)	مواد مختلفة (صلبة، سائلة وغازية)
١/نوع	قطع وعينات غير معدنية (مثل البوليمر polymer أو الأرتلون Artleon والبريسبكس Perspex)	قدمه ذات ورائية
٥,٠ ك	سائل تبريد زيتي كالمستخدم في المخارط والفرايز	مطرقة صغيرة
١/نوع	بالونات تمتلئ بالهواء	ميزان بالجرام
١/نوع	إناء كبير ممتلئ بالماء	مغناطيس طبيعي ميكروسكوب مجهري (اختياري).

جدول رقم ١

العينات المستخدمة في التمرين

عينات معدنية	عينات غير معدنية	عينات سوائل وغازات
		
قضبان حديد زهر	عينات من الزجاج	زيت تبريد
		
قضبان النحاس الأصفر	عينات من الأرتليون	بلونة ممتلئة بالهواء
 عينة سليمة (جيدة)		
قضبان حديد طرى Mild steel	بريسبكس prespex	دخان متصاعد من اللحام

شكل رقم ٢: الأقسام الثلاثة للمواد الهندسية

المعارف المرتبطة بالتدريب

خواص المواد Properties of materials

خواص المادة هي سماتها وصفاتها التي تميزها عن باقي المواد، وهناك بعض المقاييس التي تمكننا من مقارنة المواد وترتيبها بحسب خصائصها، فجميع المواد الموجودة على سطح الأرض تختلف خصائصها من مادة إلى أخرى بالاعتماد على خصائص المادة الرئيسية: كالحجم والكتلة والكثافة، فجميع هذه الخصائص تدخل في خواص المادة وتكون رقم ثابت، ويمكن أن يتغير الرقم بالنسبة لخواص المادة إذا تعرضت لبعض المتغيرات، مثل درجة الحرارة، وهناك بعض الأرقام التي من الممكن أن تتغير على بتباين الخواص للمادة، مثل مغناطيسية المادة قد تختلف في اتجاه المحور السيني وقد تختلف أيضا في اتجاه المحور الصادي، فعند تصنيف المواد يقوم العلماء بدراسة كل ما يخص المادة.

تنقسم خواص المادة إلى ثلاثة أقسام رئيسية، هي:

1. خواص كيميائية: تعتمد على مدى قابلية المادة على الدخول في تفاعل كيميائي وإنتاج مواد أخرى وبصفات مختلفة، مثل: صدأ الحديد، واحتراق الفحم لإنتاج الرماد،

٢. **خواص فيزيائية:** مثل كثافة المادة ووزنها النوعي واللزوجة، البريق، واللمعان. كما توجد خصائص أخرى فرعية للخواص الفيزيائية للمادة مثل الخصائص الكهربائية (الناقلية الكهربائية، والسماحية، وثابت العازل، وشدة العزل). الخصائص الفيزيائية المختلفة للمواد ناتجة من التركيبة الكيميائية للمادة وبالبناء البلوري لها، وتوجد خصائص يسهل تمييزها من دون أجهزة معقدة مثل الكثافة النوعية Specific gravity والرائحة odour والملمس touch والطعم taste والذوبان solubility والمغناطيسية magnetism والموصلية الكهربائية Electric conductivity.

٣. **خواص ميكانيكية:** مثل السرعة، والتسارع والشغل والقوة، المرونة ومعامل يونج Young، ومقاومة الشد، ومقاومة الانضغاط، ومقاومة القص، ومقاومة الخضوع، وقابلية الطرق، والانفعال عند الانهيار، والمتانة، وشدة تحمل الصدمة، وقابلية اللحام، والرجوعية وسيتم التطرق بالتفصيل لجميع لخواص الميكانيكية في هذه الوحدة.

الخاصية الفيزيائية Physical property: هي عبارة عن أي خاصية قابلة للقياس، ومن خلال قيمتها يمكن وصف حالة النظام الفيزيائي أو المادة في أي لحظة زمنية معينة، وتصنف الخواص الفيزيائية إلى: خواص شمولية (extensive) تعتمد على كمية المادة وحجمها في الجسم، حيث تزداد بزيادة كمية وحجم المادة وعدد الجسيمات والمحتوى الحراري، وخواص مكثفة (intensive)؛ لا تعتمد على كمية المادة أو حجمها في الجسم، مثل السعة الحرارية، والكثافة التي تقاس بوحدة كيلوجرام/متر مكعب، والحرارة النوعية التي تقاس بوحدة الجول/كيلوجرام. يوجد العديد من الحالات التي يصعب تحديد ما إذا كانت خاصية فيزيائية أو لا، مثل: رؤيتنا للألوان، حيث إن الألوان التي نراها عبارة عن تفسير لخواص الانعكاس على سطح معين، كما يمكن مقارنة الخواص الفيزيائية للمادة بالخواص الكيميائية وبالتالي تحديد سلوك المادة أثناء التفاعل الكيميائي.

الخواص النوعية والخواص الكمية:

للخواص النوعية لا يمكن تحديد قيمة معينة لها مثل الرائحة والطعم.

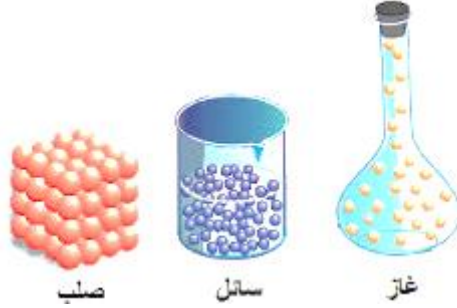
للخواص الكمية يمكن تحديد كميتها مثل الكتلة والحجم.

المادة

تتواجد المواد في الطبيعة على ثلاثة حالات، الحالة الصلبة، الحالة السائلة أو الحالة الغازية. وتتحوّل معظم المواد من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية مروراً بالحالة السائلة. وأشهر الأمثلة على ذلك الماء الذي قد يتواجد في الحالة الصلبة على شكل ثلج، وعند انصهاره يتحوّل إلى الحالة السائلة، ثم يمر بمرحلة التبخر والوصول للحالة الغازية عند إضافة حرارة له.

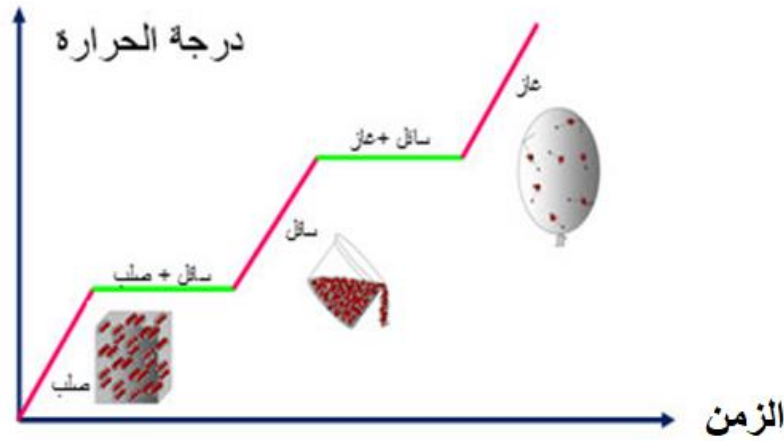
الحالات الفيزيائية الثلاثة للمادة :Matter of materials

يعتمد تفاوت الخواص الفيزيائية على أنواع الروابط بين الجزيئات في حالة المركبات الأيونية أو الروابط بين التجمعات الأيونية أو بين الدقائق، هناك ثلاث حالات رئيسية للمادة على سطح الأرض وهي كما هو مبين في شكل رقم ٣ إلى حالة صلبة، حالة سائلة وحالة غازية.



شكل رقم ٣: حالات المادة الثلاثة

ويمكن للمادة أن تتحول من حالة إلى حالة أخرى بالتسخين كما هو مبين في شكل رقم ٤.



شكل رقم ٤: تحول المادة بإضافة الحرارة

كمثال بسيط على ذلك قطعة الثلج في الحالة الصلبة تتحول إلى سائل وبالتسخين تتحول إلى بخار ماء في الحالة الغازية كما هو مبين في شكل رقم ٥.



شكل رقم ٥: تحول الماء من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة والغازية

١. **الحالة الصلبة:** هي التي تكون فيها المادة جزيئاتها مترابطة ومتقاربة على بعضها، ويمكن تعريف المواد الصلبة هي ثبات شكل المادة بحيث لا يمكن تغيير شكلها.

الخواص الفيزيائية للحالة الصلبة:

شكل الجسم الصلب وحجمه ثابتان، كما تصنف الأجسام الصلبة إلى قسمين:

للأجسام صلبة مترابطة: تحتوي على شكل ثابت وخاص.

للأجسام صلبة غير مترابطة: لا تحتوي على شكل ثابت وخاص، حيث تأخذ شكل الإناء الذي توضع فيه، وتشارك في هذه الخاصية مع الأجسام الغازية والسائلة، لكنها تختلف عنها بأنها ليس لها سطح أفقي في حالة السكون.

٢. **الحالة السائلة:** هي الحالة التي يكون فيها الجزيئات متقاربة على بعضها ومترابطة ولكن تتدفق حول بعضها البعض بكل سهولة، ويمكن تعريف الحالة السائلة هي التي تأخذ شكل الحيز الموجود فيه كالإناء أو البحار كما هو مبين بالشكل التالي.



شكل رقم ٦: السوائل تأخذ شكل الأناء الموضوعة به

الخواص الفيزيائية للحالة السائلة:

ليس لها شكل ثابت وخاص، حيث تأخذ شكل الوعاء الذي توضع فيه. تتميز بالجريان والميوعة، حيث تنتقل بسهولة من وعاء إلى آخر. غير قابلة للتوسع والضغط. سطحها أفقي في حالة السكون.

القوانين الأساسية:

$$(م^٢) \quad \pi r^2 = \frac{\pi D^2}{4} = \text{مساحة مقطع الدائرة}$$

$$(م^٢) \quad L^2 = \text{مساحة القاعدة المربعة}$$

$$(م^٢) \quad \text{مساحة القاعدة لمستطيلة} = \text{الطول} \times \text{العرض}$$

$$(م^٣) \quad \text{حجم القضبان الدائرية} = \text{مساحة مقطع الدائرة} \times \text{الطول}$$

$$(م^٣) \quad \text{حجم القضبان المستطيلة} = \text{مساحة مقطع القاعدة} \times \text{الطول}$$

كثافة المادة Density: هي كتلة وحدة الحجم من المادة، أو هي كتلة ١ سم^٣ من المادة.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \text{كثافة المادة} = \frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}} \quad (\text{كجم/م}^3)$$

الكثافة النوعية Specific density: هي النسبة بين كتلة المادة وكتلة حجم مساو له من الماء النقي عند ٤ درجات مئوية من المادة.

$$S = \frac{\rho}{1000} \quad \text{الكثافة النوعية} = \frac{\text{كثافة المادة}}{\text{كثافة الماء}}$$

حيث أن:

↳ D : قطر الدائرة (م)

↳ r : نصف قطر الدائرة (م)

↳ L : طول ضلع المربع (م)

↳ m : كتلة المادة (كجم)

↳ V : حجم العينة (م^٣)

↳ ρ : كثافة المادة (كجم/م^٣)

↳ S : الكثافة النوعية (-)

↳ تصنف المعادن التي كثافتها النوعية اقل من ٣, ٢ على أنها معادن خفيفة Light، وتلك التي بين ٣, ٢ إلى ٥, ٤ تصنف على أنها معادن متوسطة الكثافة، أما التي تفوق كثافتها فوق ٥, ٤ فإنها تصنف على أنها معادن ثقيلة.

↳ تغطس أي مادة في الماء إذا كانت كثافتها اقل من كثافة الماء أما المواد التي كثافتها اقل من كثافة الماء فإنها تطفو فوق سطح الماء.



٣. الحالة الغازية: هي الحالة التي يكون فيها ترابط الجزيئات قليل جدا وغير مترابطة على بعضها، مما يجعل هذه الجزيئات حرة طليقة تتحرك من مكان إلى آخر ولا يمكن حصر هذه الجزيئات في مكان واحد.

الخواص الفيزيائية للحالة الغازية:

ليس لها شكل خاص وثابت، حيث تأخذ شكل الوعاء الذي توضع فيه. ليس لها حجم ثابت، حيث تأخذ حجم الوعاء الذي توضع فيه. قابلة للتوسع والانضغاط تحت تأثير الضغط. تتميز بالجريان والميوعة.

القوانين الأساسية:

$$P V = m R T$$

القانون العام للغازات

حيث أن:

m : كتلة المادة (كجم)

V : حجم العينة (م³)

R : الثابت المميز للغاز (كجول/كجم -درجة مئوية)

T : درجة الحرارة (كلفين)

خطوات تنفيذ التدريب

يقوم المدرب بعرض العينات (قطعة نحاس، قطعة حديد، قطعة المونيوم، قطعة بلاستيك، قطعة خشب، كمية صغيرة من الزيت، قطعة فلين) على كل طالب على حدة ليتعرف على شكلها ومواصفاتها وتحديد كثافتها.

العينات المعدنية

أولاً: التمييز بين العينات من ناحية اللون والكثافة (الوزن) والقطر

يقوم الطالب بفحص العينات المعدنية ذات الأقطار المتساوية ويقوم بمساعدة المدرب

١. مراعاة إجراءات السلامة والأمان

○ ارتداء قفازات يدوية

○ ارتداء نظارة واقية

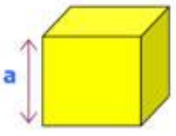
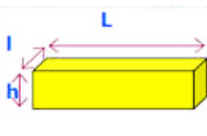
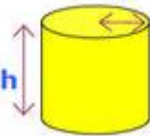
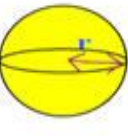
٢. قم بتحضير العدد والأدوات.

٣. قم بتحضير المواد والخامات.

٤. احسب مساحة مقطع العينات المعدنية من الحديد الزهر والحديد الصلب والنحاس والألمنيوم... الخ

٥. احسب حجم العينات

أ- العينات منتظمة الشكل باستخدام القوانين

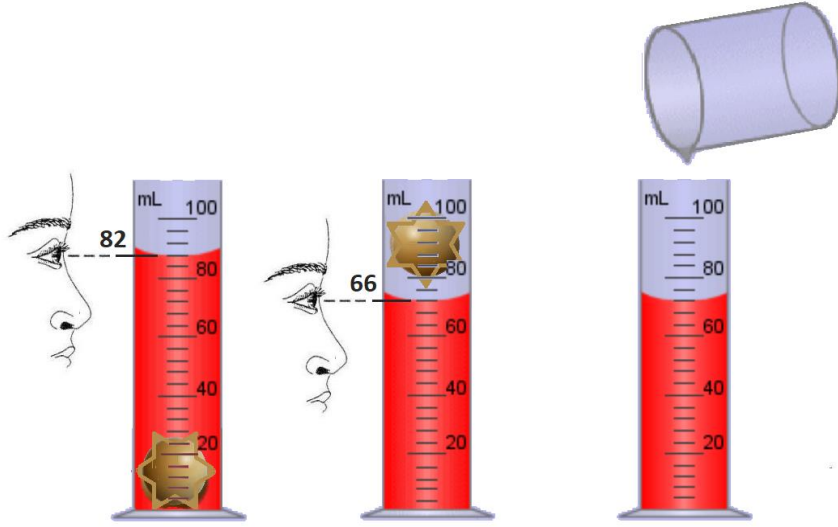
المكعب	متوازي المستطيلات	الأسطوانة	الكرة
			
$V = a^3$	$V = L \cdot h \cdot I$	$V = \pi r^2 h$	$V = \frac{4}{3} \pi r^3$

شكل رقم ٧

ب- احسب حجم العينات الغير منتظمة الشكل كما يلي:

○ قم بصب السائل في المخبر المدرج دون تجاوز آخر تدريجه.

- قم بقياس حجم السائل في المختبر بمحاذاة العين في المستوى الأفقي للسطح الهلالي (V_{L1})
- ضع الشكل المعدني داخل المخبر المدرج وسجل الارتفاع الجديد للسائل (V_{L2})
- احسب الفارق بين الحجمين ($V_{L1} - V_{L2}$) ويكون هو حجم الشكل الغير منتظم



شكل رقم ٨: قياس حجم جسم ذو شكل غير منتظم

١. قم بوزن العينات المعدنية على ميزان دقيق بالجرام
٢. احسب كثافة المادة بالمعادلة ← كثافة المادة = $\frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}}$ (كجم/م^٣)
٣. احسب الكثافة النوعية للعينات بالمعادلة ← الكثافة النوعية = $\frac{\text{كثافة المادة}}{\text{كثافة الماء}}$
٤. قم بإلقاء العينات واحدة تلو الأخرى في إناء الماء وملاحظة هل ستطفو أم ستغرس في الماء لتحديد هل كثافتها النوعية ("S") أقل أم أكبر من الواحد.



شكل رقم ٩: العينات المختلفة وهي ملقاة في إناء به ماء نظيف

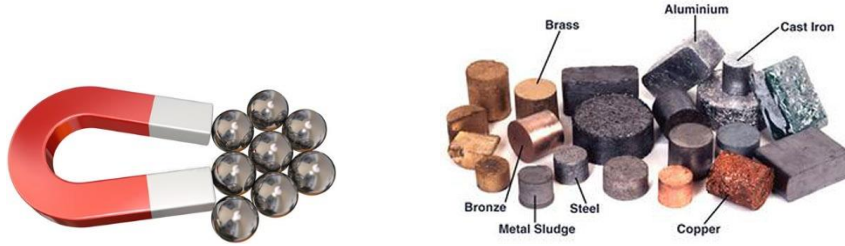
٥. كرر الخطوات من ٤-٨ كي تستطيع التمييز بين المعادن المختلفة لتحديد أيهما أكثر كثافة
٦. سجل مشاهداتك في الجدول المخصص لذلك بعد الانتهاء من حساب الكثافة لكل معدن، حيث يستطيع الطالب الآن التمييز بين المعادن ومعرفة ما هي المعادن ذات الكثافة العالية والمعادن الأقل كثافة ويكون لديه القدرة على التفرقة بين كل نوع ويسجل ذلك في جدول المشاهدات.

ثانياً: دراسة تأثير الطرق على المعدن

يقوم الطالب بالطرق على العينة وملاحظة تأثير الطريقة على سطح المعدن ومدى عمقها أو ظهور شروخ بها لتحديد مدى هشاشتها أو تحملها للصدمات كي يراعى ذلك عند نقل واستخدام الخامات المختلفة أثناء عمليات التصنيع (سجل مشاهداتك).

ثالثاً: تحديد المواد المغناطيسية والغير مغناطيسية

يقوم الطالب بتقريب المغناطيس من المواد المعدنية وملاحظة أيهما سينجذب إلى المغناطيس ليستطيع تحديد المواد الحديدية عن غيرها (سجل مشاهداتك).



شكل رقم ١٠: انجذاب الحديد فقط إلى المغناطيس

رابعاً (اختياري): فحص التكوين البلوري

يقوم الطالب بفحص الخلايا على الميكروسكوب المجهرى "ان وجد" تحت إشراف المدرب وملاحظة الفروق بين كل معدن.



شكل رقم ١١: فحص العينات تحت الميكروسكوب

تسجيل النواتج

الكثافة النوعية $S = \frac{\text{كثافة المادة}}{\text{كثافة الماء}}$	الكثافة = $\frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}}$ (كجم/م ³)	الكتلة (كجم)	الحجم (م ³)	مساحة المقطع (م ²)	نوع المعدن
					حديد مرن
					حديد زهر
					نحاس
					ألومنيوم

جدول رقم ٢: نتائج المواد الهندسية المعدنية

ويقوم المدرب بالتنبيه على الطالب على أن الكثافة النوعية التي تم حسابها لكل معدن كانت أكبر من الواحد الصحيح وبالتالي فهي تغطس في الماء.



المشاهدات

.....

.....

.....

.....

.....



العينات الغير معدنية

أولاً: العينات الغير معدنية الصلبة:

١. قم بتنفيذ إجراءات السلامة والأمان (ارتداء قفازات يدوية، ارتداء نظارة واقية)
٢. قم بتحضير العدد والأدوات.
٣. قم بتحضير المواد والخامات.

٤. قم بالطرق بواسطة المطرقة بالتوالي على كل من قطعة زجاج صغيرو قطعة من البلاستيك أو المطاط وقطعة من الأرتيلون وقطعة من البريسبكس الشفاف وقطعة من الخشب وملاحظة نتيجة الطرق عليها وقم بتدوين ذلك في جدول المشاهدات
٥. يقوم الطالب بإلقاء العينات المذكورة بالخطوة رقم (١) في إناء به ماء نظيف وملاحظة هل ستطفو على سطح الماء أم ستغرس في الإناء

المواد التي كثافتها اقل من كثافة الماء النقي (١٠٠٠ كجم /م^٣) تطفو فوق الماء بمعنى أن كثافتها النوعية تكون اقل من الواحد الصحيح.



الكثافة النوعية = $\frac{\text{كثافة المادة}}{\text{كثافة الماء}}$		نتيجة الطرق			نوع العينة الغير معدنية
S > 1	S < 1	نتوء	شرخ	كسر	
					زجاج
					بريسبكس
					بلاستيك
					ارتيلون
					قطعة خشب

جدول رقم ٣: نتائج المواد الهندسية المعدنية

ثانيا: العينات الغير معدنية السائلة:

يقوم الطالب بوضع أنواع مختلفة من السوائل المتاحة في المعمل/الورشة مثل زيوت التبريد وسكبها في إناء به ماء وملاحظة طفوها على سطح الماء لأن جميع الزيوت كثافتها أقل من الماء.

ثالثا: العينات الغير معدنية الغازية

يقوم الطالب بمليء بالونات بالهواء أو الهليوم إذا كان متاحا عن طريق منفاخ يدوي وملاحظة خفة البالونات الممتلئة بالهليوم عن الممتلئة بالهواء.



شكل رقم ١٢: فحص العينات تحت الميكروسكوب

يقوم الطلاب بمشاهدة المدرب أو الطلاب القدامى في ورشة اللحام ومراقبة الغازات المتصاعدة منها ويقوم المدرب بالتنويه عن المخاطر الممكن حدوثها عند استنشاق هذه الأدخنة والتحذير منها والتأكيد على وجود تهوية مناسبة عند العمل في عمليات تشغيل تتصاعد فيها غازات قد تكون ضارة بالصحة.

المشاهدات

.....

.....

.....

.....

.....



تقييم الأداء

م	معايير الأداء	تحقق		ملاحظات
		لا	نعم	
١	يتبع تعليمات المشرف المسؤول			
٢	يتعاون بين الطلبة لإنجاز الشغل المطلوب			
٣	يتقيد بإجراءات السلامة بنسبة عالية.			
٤	ينجز العمل المكلف به في الوقت المطلوب			
٥	يحدد حالة المواد الخام (صلبة، سائلة أو غازية)			
٦	يميز ويحدد أنواع المواد الهندسية المختلفة سواء المعدنية أو الغير معدنية منها			
٧	يفرق بين المواد من حيث كثافتها			
٨	يرتب مكان العمل و يعيده الى حالته الأصلية			

جدول رقم ٤

توقيع المدرب

الاسم: التوقيع: التاريخ:

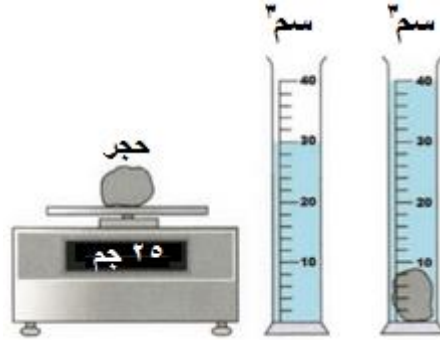
الاختبار العملي

في نهاية التدريب العملي يعطى المتدرب:

- ✍ مجموعة من أربعة عينات من مواد معدنية مختلفة (مثل نحاس، و حديد، و المنيوم، حديد زهر) لهم نفس الحجم والأبعاد.
- ✍ زجاج الشفاف والبيرسبكس
- ✍ زيت وماء
- ✍ حجر صغير غير منتظم الشكل

ينبغي أن يكون المتدرب قادرا على أن يقوم بالاتي في زمن قدرة ١٠ دقيقة:

- ✍ التفرقة بين المواد الحديدية والغير حديدية.
- ✍ التمييز بين الزجاج الشفاف والبيرسبكس الشفاف.
- ✍ التمييز بين الزيوت والماء ومعرفة أيهما اقل كثافة.
- ✍ احسب حجم الحجر حسب المقادير المشار إليها في المخابير المدرجة، كتلة الجسم التي على الميزان = ٢٥ جرام، حسب المعطيات المذكورة احسب كثافة المادة المعطاة.



شكل رقم ١٣

الجزء الثاني: الاختبارات الميكانيكية المتلفة

Mechanical destructive tests

المقدمة

تتميز المواد الهندسية التي يتعامل بها الفني عند عمليات التشغيل على الماكينات بأن كل مادة لها خواص وصفات ومقاييس تتميز مادة عن مادة أخرى. ويجب على الفني التشغيل والتشكيل للمهن الميكانيكية المعرفة بخواص المواد لكي يمكن استخدامها استخداما صحيحا من ناحية مقاومتها للأحمال والإجهادات والتفاعلات الكيميائية. تفيد الخواص أيضا في مقارنة انتظام العينات المختلفة للمادة الواحدة. ويلاحظ أنه لا توجد قطعتان من مادة واحدة لهما نفس الخواص تماما بمنتهى الدقة ويعود ذلك إلى عوامل كثيرة تتعرض لها المادة أثناء الصناعة أو نتيجة لعمليات التشكيل أو إلى عوامل الزمن أو إلى التغير في درجة الحرارة أو الرطوبة أو إلى عوامل أخرى.

وأما الخاصية الأخرى للمعادن والتي تمكننا من استخدامها بصورة كبيرة وبالطريقة التي نريدها في التطبيقات المختلفة هي مرونتها وتمتعها بمطيلية عالية، وتؤدي هاتان الصفتان إلى القدرة على التحكم بالمعادن وتشكيلها بالطريقة التي نريدها بالطرق أو الضغط وتحويلها إلى خيوط رفيعة أو إلى صفائح رقيقة أو أي شكل نحتاجه في التطبيقات المختلفة.

المواد الهندسية:

هي المواد الأولية (الخام) والمصنعة والتي تستخدم في تصنيع وإنتاج السلع والأدوات المختلفة وتنقسم خواص المواد الهندسية إلى مجموعة من الخواص يوضحها الجدول التالي

الخواص	التعريف
الفيزيائية	وتشمل الشكل والوزن النوعي والأبعاد والمساحة ومحتوى الرطوبة
الكيميائية	وتشمل الحموضة والقاعدية والتركيب الكيميائي
الفيزيوكيميائية	وتشمل امتصاص الماء والانكماش والتمدد نتيجة الحرارة
البصرية	وتشمل الانكسار الضوئي وانعكاس وامتصاص الضوء، واللون
الميكانيكية	وتشمل الشد والقص ومقاومة الضغط والانحناء والمرونة والصلادة والمتانة
الحرارية	وتشمل التوصيل والعزل الحراري والتمدد والحرارة النوعية
الكهرومغناطيسية	وتشمل النفاذ المغناطيسي والكهربائي والفعل الجلفاني
الصوتية	وتشمل الانعكاس الصوتي والعزل الصوتي وامتصاص الصوت والتحويل الصوتي
الإشعاعية	وتشتمل على فترة عمر النصف وأشعة بيتا والأشعة السينية وأشعة غاما وغيرها

جدول رقم ٥

تعد الخواص الميكانيكية للمواد من أهم العناصر التي يجب أن يستوعبها الفنيين العاملين باليمن الميكانيكية لأنها تتعلق بسلوك المادة أثناء التشغيل والتشكيل على الماكينة وبصفة خاصة عند تعريضها للأحمال والقوى المؤثرة كالشد والضغط والصدم والثني والخدش.... إلخ.

وتستخدم الخواص الميكانيكية بمختلف أنواعها كأساس للمقارنة بين المواد الهندسية المختلفة مما يساعد المصمم أو الصانع على اختيار المادة المناسبة للتطبيق أو المكون الذي سوف يستخدمها في صناعته. وسيتم التطرق بالتفصيل في هذه الوحدة عن الاختبارات التي يتم بها قياس الخواص الميكانيكية الرئيسية للمواد.

الخواص الميكانيكية الرئيسية:

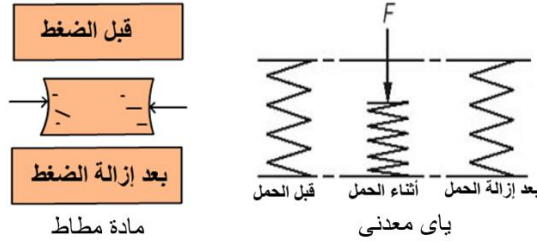
١. **الإجهاد (Stress):** يعبر عن مقياس لانتشار القوى أو الحمل، داخل الجسم أو الكتلة لوحدة المساحة، (الإجهاد = القوة / المساحة).

وتوجد أنواع مختلفة من الإجهادات مثل إجهاد الضغط; ويحدث عندما يكون الحمل أو القوى ضغطاً، وإجهاد الشد; ويحدث عندما يتعرض الجسم إلى قوى سحب أو شد. ويوضح شكل رقم ١٤ كلا من إجهادات الضغط والشد.



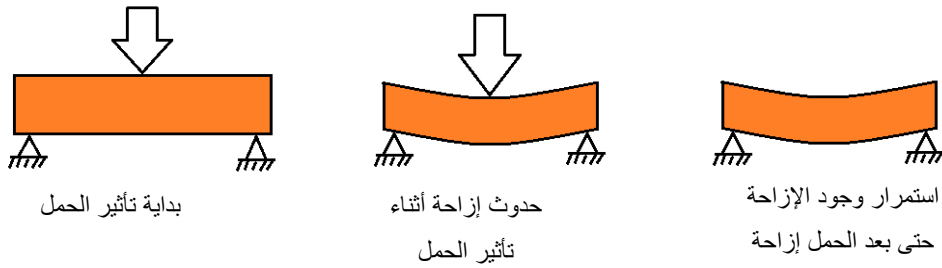
شكل رقم ١٤: إجهاد الضغط وإجهاد الشد

٢. **المرونة (Elasticity):** تعبر عن قدرة المادة على استعادة شكلها الأصلي، وأبعادها الأصلية، بعد زوال القوى المؤثرة عليها.



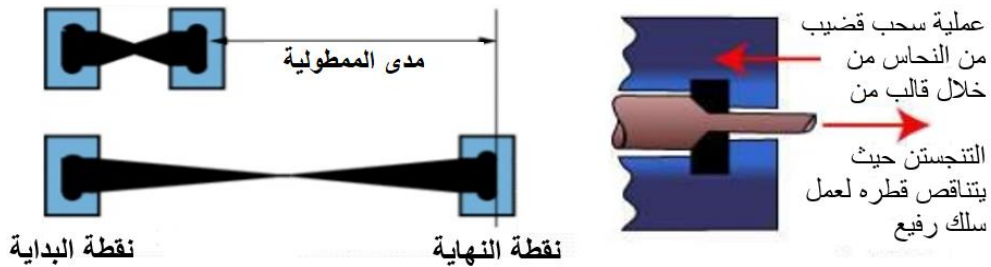
شكل رقم ١٥: المواد المرنة

٣. **اللدونة (Plasticity):** تعبر عن قدرة المادة على الاحتفاظ بشكلها الكامل أو الدائم، بعد حدوث التشوه الناتج عن القوى المؤثرة عليها. ويوضح الشكل خاصية اللدونة لمادة ما تحت تأثير الحمل. لذلك فاللدونة عكس المرونة، كما انه ليست هناك مادة مرنة تماماً أو لدنة تماماً. فبعض المواد المطاط يمكن أن تأخذ يمكن أن تأخذ تشكيلا كبيرا ولكنه يعود إلى أبعاده الأصلية بعد إزالة القوة أو الحمل المؤثر عليه، فهناك مواد لها مرونة عالية في حدود مدى معين من التحميل وبعده تصبح لدنة لدرجة ما ومن أمثلة ذلك الصلب. وهناك بعض المواد الأخرى لها لدونة عالية ولكن قليل من المرونة مثل الرصاص.



شكل رقم ١٦: خاصية اللدونة

٤. **المطيلية/ القابلية للسحب (Ductility):** تعبر عن قابلية المادة للاستطالة عند شدها، وتقاس هذه الخاصية بمقدار الزيادة في طول العينة أو النقص في مساحة مقطعها عند التشكيل بالطرق (الذهب من أطرى المعادن ثم الفضة والبلاتين). أو هي الخاصية التي تسمح للمادة بتغيير لدن كبير تحت تأثير حمل الشد أي أنها هي قدرة المادة على السحب وقابليتها للاستطالة الكبيرة عند تعرضها لحمل الشد. ويوضح الشكل التالي خاصية المطيلية.



شكل رقم ١٧: خاصية المطيلية

٥. **القصفة أو الهشاشة (Brittleness):** تعبر عن قابلية المادة للكسر خصوصاً عند التعرض لقوة أو إجهاد، دون أي انفعال سابق للكسر. بمعنى آخر هي الخاصية التي تجعل المادة تنكسر قبل أي تغيير ملحوظ في الشكل كما هو موضح بالشكل التالي مثل الحديد الزهر والزجاج.



هشاشة الزجاج

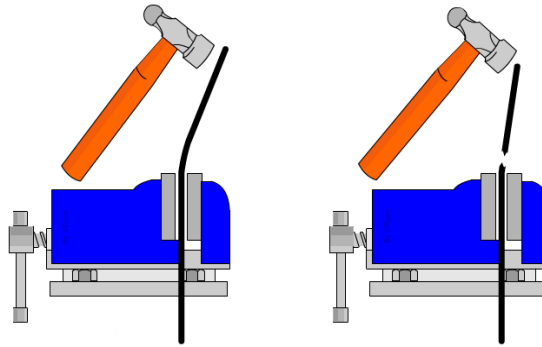


انكسار قضيب من الحديد الزهر

شكل رقم ١٨: خاصية القصفة (الهشاشة) لبعض المواد

ولذلك يمكننا القول بأن المطيلية هي عكس القصفة فالمواد المطيلة لها تشكل لدن كبير عند تعرضها لحمل الشد مثل النحاس أما المواد القصفة فتتكسر قبل أن يطرأ عليها أي تغيير في الشكل عند التحميل مثل الزجاج والحديد الزهر.

٦. **الطروقية (Malleability):** وهي الاستجابة أو المطاوعة للطرق، أو الضغط، أو حتى العصر باستخدام الدرافيل. أو أنها قدرة المادة على التفلطح بالطرق دون حدوث كسر. أن خاصية الطروقية تشبه خاصية المطيلية إلا أن نوع الحمل أو القوى المؤثرة في حالة المطيلية هو الشد أما في حالة الطروقية فهو الضغط.
٧. **المقاومة (Strength):** هي قدرة المادة على مقاومة الحمل أو القوى المؤثرة عليها، فتسمى مقاومة الشد إذا كان الحمل المؤثر هو حمل الشد وتسمى مقاومة الضغط إذا كان الحمل المؤثر هو حمل الضغط..... وهكذا.
٨. **الصلابة أو الكزازة (Stiffness):** هي خاصية مقاومة المادة لأي نوع من التغير في الشكل، وتعرف المادة الصلبة بأنها تتحمل أحمال عالية مع حدوث تغير صغير نسبيا في الشكل والسوست (اليات) من أشهر المكونات التي لها كزازة عالية.
٩. **المتانة (Toughness):** هي الخاصية التي تمكن من المادة من مقاومة الصدمات والإجهادات وأن تتشكل دون كسر. وهي أيضا قدرة المادة على مقاومة الصدمات وامتصاص الطاقة الميكانيكية. ويوضح الشكل التالي الفرق بين المادة ذات المتانة والمادة الهشة.



شكل رقم ١٩: الفرق بين المادة ذات المتانة والمادة الهشة

١٠. **الرجوعية (Resilience):** هي قدرة المادة على امتصاص الطاقة المرنة التي تختفي تماما بعد زوال الحمل المؤثر. أي أنها تمثل مدى كفاءة المعدن في امتصاص الطاقة الناتجة عن الإجهادات المبدولة.
١١. **الصلادة (Hardness):** وهي قدرة المادة على مقاومة الخدش، والتغلغل، والتآكل. أي أن صلادة المادة هي الخاصية التي تمكنها من الاحتفاظ بشكل سطحها سليما متماسكا تحت تأثير الأحمال، كما تعرف الصلادة بأنها قدرة المادة على مقاومة البري **straek** نتيجة الاحتكاك أو المقاومة للخدش أو القطع أو حدوث علامة بها. وتقاس الصلادة بمقياس موس Mohs الذي يقسم صلادة المواد من ١ إلى ١٠.

اختبار الشد Tensile test

٨ ساعات	الزمن	٢	تدريب رقم
---------	-------	---	-----------

أهداف

- ✍ تحديد قدرة المعادن المختلفة (المطيلة Ductility – نصف المطيلة Semi-ductile – الهشاشة/القصفة Brittleness) على تحمل اجهاد الشد.
- ✍ تحديد مقدار الاستطالة أو الانفعال الحادث للمواد المعدنية نتيجة أحمال الشد.
- ✍ تحديد مقاومة الشد القصوى للمواد المعدنية.
- ✍ تحديد معامل المرونة Modulus of Elasticity للمواد المعدنية.
- ✍ رسم المنحنى البياني للحمل والاستطالة للمواد المعدنية.
- ✍ رسم المنحنى البياني للإجهاد والانفعال Stress-Strain Curve للمواد المعدنية.
- ✍ زيادة قدرة الطالب على استنباط الخصائص الميكانيكية للمواد من التجارب.



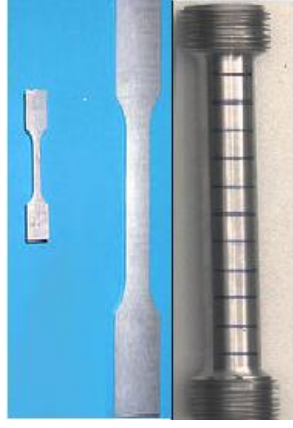
الاحتياطات والأمان

- ✍ ارتداء نظارة واقية
- ✍ ارتداء القفازات اليدوية
- ✍ إعلام الطلاب بمكان زر الطوارئ الموجود بالماكينة للاستخدام في حالة الطوارئ
- ✍ يجب عدم الاقتراب من العينة أثناء إجراء الاختبار.
- ✍ التأكد من إحكام تثبيت العينة في ماكينة اختبار الشد قبل التحميل عليها.

متطلبات التدريب

الكمية	المواد والخامات	العدد والأدوات
1/نوع	قطع معدنية من معادن مختلفة (الصلب الطري النحاس الأصفر – الحديد الزهر) مع مراعاة أن تكون بنفس القطر والطول.	ماكينة اختبار الشد
		قدمه ذات ورنية
		مسطرة قياس
		مطرقة
		ذنبية أو أداة شنكرة

جدول رقم ٦

العينات المستخدمة في التمرين		
		
عينات من النحاس الأحمر والأصفر	عينات من الحديد الزهر	عينات من الصلب الطري

شكل رقم ٢٠

المعارف المرتبطة بالتدريب

أ- المواصفات القياسية للعينات المستخدمة في اختبار الشد:

أشكال العينات القياسية المستخدمة في اختبار الشد متنوعة ولها مقاسات موحدة فمنها المستديرة الطويلة والقصيرة ومنها المسطحة الطويلة والقصيرة. شكل رقم ٢١ يوضح شكل عينة قياسية مستديرة وعينة قياسية مسطحة.

يكون قياس قطعة الاختبار القياسية حسب حالة العينة التي تجهز منها هذه القطعة بحيث تكون النسبة بين طول القياس والجذر التربيعي للمساحة يساوي مقدارا ثابتا ويكون المقطع شكلا هندسيا منتظما (مستدير أو مستطيل)، وبصفة عامة تستخدم قطع الاختبار المستديرة عند إجراء اختبار الشد. وتكون الأبعاد كالآتي:

وفي المقطع المستدير $L_0 = 11.3 \sqrt{A_0}$ في حالة القطع الطولية

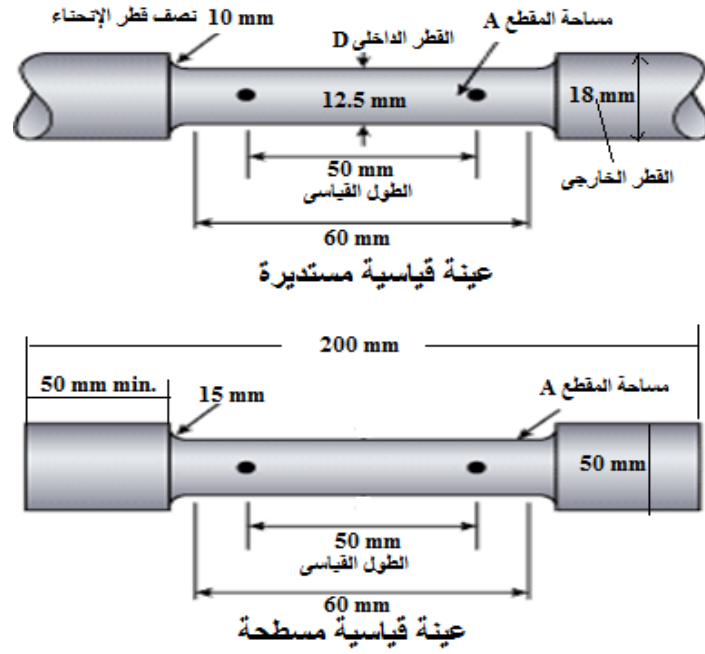
وفي المقطع المستدير $L_0 = 5.65 \sqrt{A_0}$ في حالة القطع القصيرة

حيث ان:

↳ A_0 : مساحة المقطع للعينة عند الطول القياسي، والمساحة القياسية هي؛ $A_0 = \pi r_0^2$

↳ L_0 : الطول القياسي للعينة

↳ d_0 : العرض القياسي في حالة العينة المسطحة والقطر القياسي في حالة العينة المستديرة.



شكل رقم ٢١: عينات قياسية لاختبار الشد

توجد عد أشكال لنهايات عينات الشد منها؛

١. نهاية ذات ثقب Pin end
٢. نهاية مسننة Threaded end
٣. نهاية كتفية Shouldered end
٤. نهاية مستديرة Circular end
٥. نهاية مسطحة Plain end



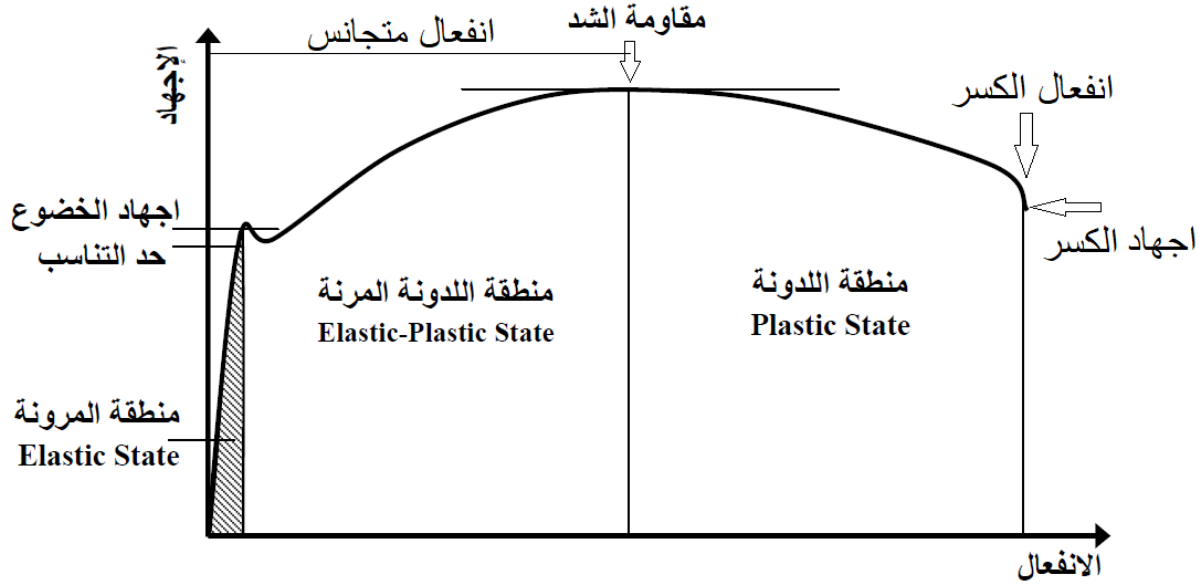
شكل رقم ٢٢: نهايات مختلفة لعينات قياسية لاختبار الشد

ب- مصطلحات هامة

١. **حد المرونة Elastic limit:** هو أقصى إجهاد يتحمله المعدن بحيث يرجع المعدن إلى حالته الأصلية بعد إزالة الحمل.
٢. **إجهاد الخضوع (Yield Stress):** هو الإجهاد الذي يحدث عنده زيادة ملحوظة في الاستطالة بدون زيادة في الحمل أي أن الانفعال يزداد بدون زيادة في الإجهاد. وفي هذه الحالة يتم عندها التحول من الانفعال المرن إلى الانفعال اللدن أي نستطيع أن نلخصها بأنها حالة نهاية المرونة وبداية اللدونة للمعدن.

٣. مقاومة الشد القصوى للمادة (Ultimate Tensile strength): هي أقصى حمل تستطيع المادة تحمله قبل الكسر.

ويوضح شكل رقم ٢٣ منحنى الإجهاد والانفعال (Stress-Strain Curve) هو منحنى يوضح العلاقة بين الإجهاد والانفعال للمواد المختلفة. ويتم رسم هذا المنحنى عن طريق إجراء اختبار الشد لعينة معدنية.



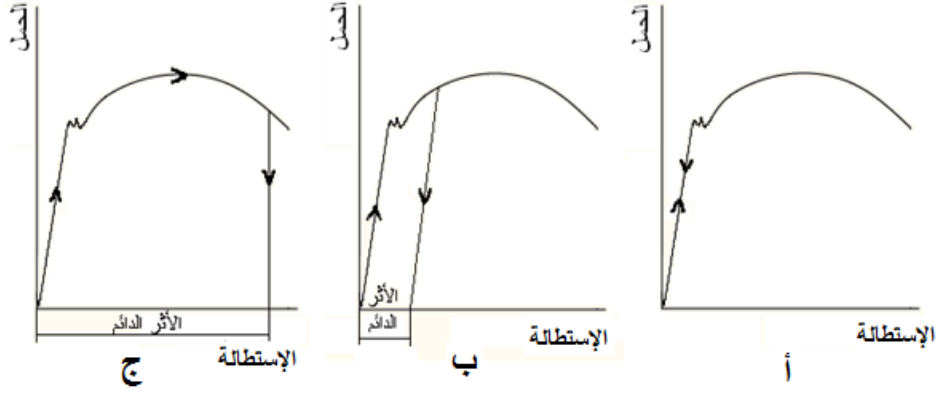
شكل رقم ٢٣: منحنى الإجهاد - الانفعال لعينة مطيلية أثناء اختبار الشد

٤. الأثر الدائم: هو الإزاحة إلى تحدث للعينة أثناء إجراء الشد عليها. ويوجد ثلاث حالات حسب قيمة الحمل المؤثر على العينة كما هو مبين في شكل رقم ٢٤:

الحالة الأولى: عند زوال الحمل في منطقة المرنة تسترجع العينة أبعادها الأصلية كما هو مبين في شكل رقم ٢٤ (أ).

الحالة الثانية: عندما يصل الحمل على العينة إلى المنطقة المشتركة بين المرنة واللدونة في شكل رقم ٢٤ (ب) يظهر تشوه في أبعاد العينة ولا تستعيد شكلها الأصلي، ويقاس الأثر الدائم بعمل خط موازي لخط التناسب الموجود بمنطقة المرنة من على نقطة حد الخضوع بالمنحنى ليقطع محور الاستطالة في نقطة تحدد منطقة الأثر الدائم.

الحالة الثالثة: تصل العينة لمنطقة اللدونة في شكل رقم ٢٤ (ج) ولا تستعيد المادة شكلها نهائياً ويظل التشوه موجود بها ويحدد الأثر الدائم بتقاطع قيمة الحمل مع الاستطالة.



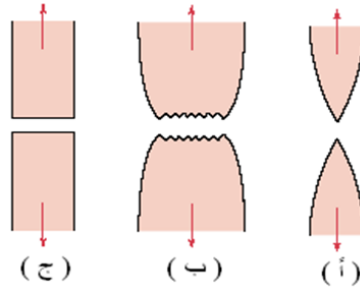
شكل رقم ٢٤: قياس الأثر الدائم في حالة وجود الحمل المؤثر في: (أ) منطقة المرنة، (ب) منطقة المرنة-اللدونة، (ج): اللدونة.

ت- أنواع الكسور

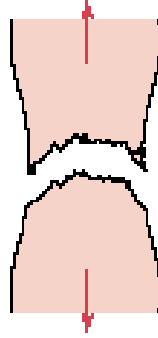
تنقسم أنواع الكسور للمعادن الناتجة من اختبار الشد حسب الشكل، حالة السطح أو اللون الكسر. بالنسبة للشكل قد تكون كسور متماثلة مثل كسر القذح والمخروط أو الكسر المسطح أو غير منتظم أو المتقطع أو كسور غير متماثلة. أما حالة السطح فهي تصف السطح إما باللمس الناعم أو بالجزيئات الصغيرة أو الجزيئات الكبيرة أو الليفي أو المتبلور أو الزجاجي ولون الكسر قد يكون لامع أو داكن.

أشكال الكسور حسب طبيعة المعدن:

١. **معادن مطيئة ductile metals:** عندما تتعرض عينة من الصلب الطري والتي تعتبر مادة مطيئة فإن الاستطالة تزداد تدريجياً مع الحمل حتى تصل إلى حد المرنة ثم تتعرض بعدها لإجهاد الخضوع وهي بداية منطقة اللدونة. ثم يزداد الحمل حتى يصل إلى أقصى حمل (مقاومة الشد القصوى) ومنه تبدأ ظاهرة الرقبة أو العنق حيث يحدث تشوه كبير للعينة قبل حدوث الكسر على هيئة قذح أو مخروط كما هو مبين بشكل حيث يكون السطح خشناً في منتصف القطع المستعرض وملمس ناعم عند الحروف.
 ٢. **معادن نصف مطيئة:** منحني الإجهاد والانفعال للمعادن النصف مطيئة له نفس الشكل العام لمنحني المعادن المطيئة إلا أنه لا يوجد له منطقة الخضوع، ويكون الحمل أكثر والاستطالة أقل من مثيلاتها من المعادن المطيئة. ويكون الكسر على هيئة قذح ومخروط ولكن برقبة أقل وضوحاً من المعادن المطيئة.
 ٣. **معادن هشّة (قصفة):** يتميز منحني الإجهاد والانفعال للمعادن القصفة منذ بدايته بكونه عبارة عن خط مائل وليس خطاً مستقيماً والمعدن يحدث له تشوه صغير جداً مقارنة بالمواد الأخرى كما لا تتكون رقبة وأن الكسر.
 ٤. يحدث عند وصول التحميل إلى الحمل الأقصى. هنا يكون شكل الكسر على هيئة مستوى عمودي على اتجاه قوة الشد مسطحاً ومحبيباً.
- ويوضح شكل رقم ٢٥ الصور المتنوعة للكسور في المعادن المختلفة.



شكل رقم ٢٥: أشكال الكسور في اختبار الشد لمادة مطيلة (أ) ومادة نصف مطيلة (ب) ومادة قصفة (ج).



شكل رقم ٢٦: شكل القذح والمخروط الذي يظهر عند الكسر المطيل والنصف المطيل.

ث- القوانين الأساسية:

توضح العلاقات التالية المتغيرات الأساسية التي تتحكم في أداء المادة أثناء تعرضها لحمل الشد:

١. الإجهاد (σ) هو حاصل قسمة القوة العمودية (F) على مساحة مقطع العينة الأصلي (A_0).

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \quad N/m^2$$

٢. الإجهاد الحقيقي (σ_{tr}) هو حاصل قسمة القوى العمودية (F) على مساحة مقطع العينة اللحظية (A_i) أي المساحة المحسوبة لحظة قراءة القوة.

$$\sigma_{tr} = \frac{F}{A_i} \quad N/m^2$$

٣. الانفعال (ε) هو حاصل قسمة التشكيل (الإستطالة أو التقلص) (ΔL) الحاصلة للعينة على الطول الأصلي للعينة (L_0)

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{L_f - L_0}{L_0}$$

حيث L_0 هو الطول الأصلي للعينة & L_f هو الطول النهائي للعينة

٤. الانفعال الحقيقي (ε_{tr}) هو اللوغاريتم الطبيعي لقسمة الطول النهائي (L_f) على الطول الأصلي (L_0)

$$\varepsilon_{tr} = \ln\left(\frac{L_f}{L_o}\right)$$

٥. معامل المرونة (E): هو النسبة بين الإجهاد والانفعال، ويسمى معامل يونج Young's modulus E. وبما أن "الانفعال" بدون وحدة ووحدة "الإجهاد" هي باسكال Pa وبالتالي تكون وحدة "معامل المرونة" أو معامل يونج Young's modulus E هي Pa.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad N/m^2$$

٦. أقصى إجهاد للشد (مقاومة الشد القصوى): هي القيمة المقاسة لأقصى حمل تستطيع المادة تحمله وتساوي الحمل الأقصى الذي تعرضت له عينة الشد مقسوما على مساحة المقطع الأصلية للعينة وهي ممثلة في الشكل بالنقطة (D) ويرمز إليه بـ σ_{UTS} .

$$\sigma_{UTS} = \frac{F_{max}}{A_o}$$

٧. المطيلية: هي قدرة المعدن على التشكل وتقاس بمطوليه المعدن تحت تأثير حمل الشد بحساب النسبة المئوية للاستطالة (%EI) كالآتي:

$$\% EI = \frac{\Delta L}{L_o} \times 100 = \frac{L_f - L_o}{L_o} \times 100 = \text{Maximum Strain} \times 100$$

٨. إجهاد الخضوع (σ_Y): وهو الإجهاد الذي يحدث عنده زيادة ملحوظة في الاستطالة بدون زيادة في الحمل أي أن الانفعال يزداد بدون زيادة في الإجهاد. وفي هذه النقطة يتم عندها التحول من الانفعال المرن إلى الانفعال اللدن أي نستطيع أن نلخصها بأنها حالة نهاية المرونة وبداية اللدونة للمعدن. في الواقع إجهاد الخضوع ليس بنقطة بل هو منطقة.

ج- شرح مكونات وطريقة عمل الجهاز:

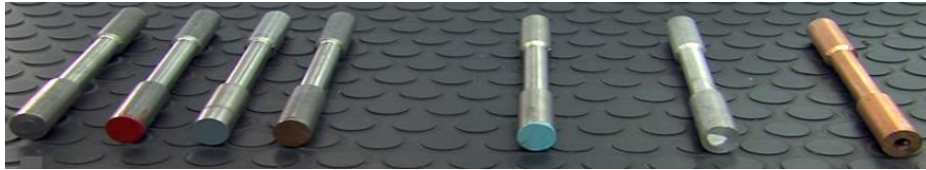
١. يوضح شكل رقم ٢٧ ماكينة اختبار الشد للمواد، والتي تتكون من فكين أحدهما ثابت (الفك السفلي) والأخر متحرك (الفك العلوي) ويوجد بأحد جانبيه لوحة تحكم يدوي للتحكم في حركة الفك العلوي وزر للتشغيل وملحق أيضا بالماكينة جهاز استشعار لمراقبة ونقل أداء العينة لجهاز الحاسوب الخاص بالجهاز.
٢. يتم تثبيت العينة بين فكي الجهاز العلوي والسفلي وضبط طرفي جهاز الاستشعار حول العينة لنقل التطورات التي تحدث في شكل العينة مع تغير حمل الشد عليها.



شكل رقم ٢٧: ماكينة اختبار الشد للمواد

خطوات تنفيذ التدريب

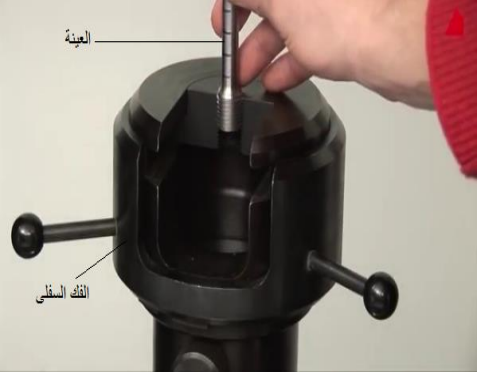




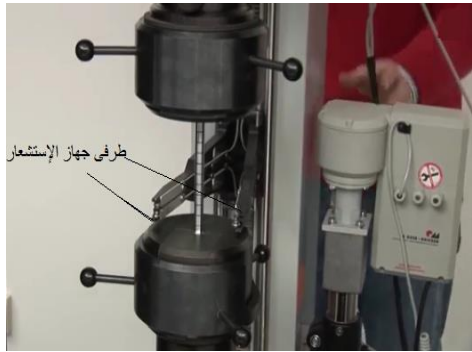
١. يراعى إجراءات الأمان والسلامة الخاصة بمعمل خصائص واختبارات المواد
أولاً: تجهيز العينة
٢. يقوم المدرب بعرض عينات لثلاث معادن مختلفة (مطيلية ونصف مطيلية وهاشة) من الصلب الطري والنحاس والحديد الزهر
٣. يقوم الطالب بفحص العينات المعروضة والتفريق بينها حسب نوع المعدن.

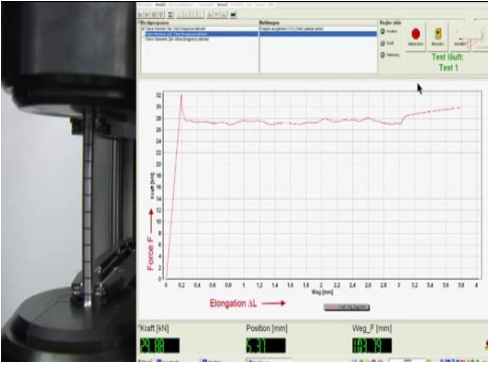

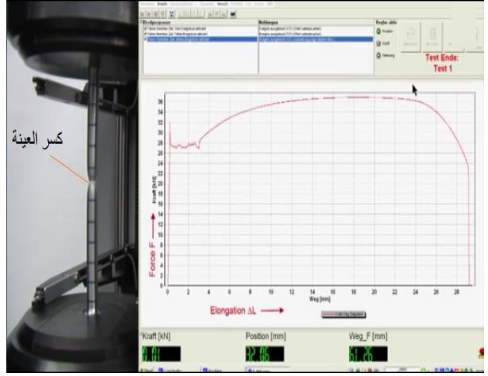
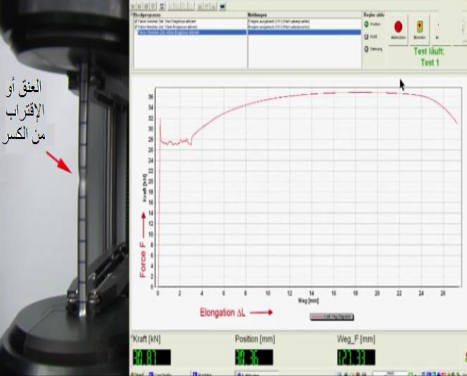

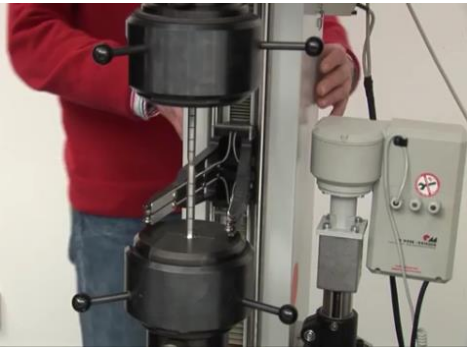






شكل رقم ٢٨

٤. قم بقياس طول وقطر كلا منها وتسجيله.
٥. قم باختيار عينة الصلب الطري ليبدأ بها التجربة الأولى وعينة النحاس ليبدأ بها التجربة الثانية وعينة الحديد الزهر للتجربة الثالثة.

ثانياً: تنفيذ التجربة

	
<p>٧. ثبت العينة في الفك السفلي لماكينة الاختبار.</p>	<p>٦. اضغط على مفتاح رفع الفك المتحرك بلوحة التحكم حتى تتمكن من تثبيت العينة.</p>
	
<p>٩. ثبت العينة بإحكام بين الفكين بواسطة ذراع الربط.</p>	<p>٨. ضع لقمة التثبيت لإحكام تثبيت العينة.</p>
	
<p>١١. عندما يبدأ الاختبار يتمركز طرفي جهاز الاستشعار حول الطرف العلوي والسفلي للعينة ألياً لمراقبتها</p>	<p>١٠. ضع طرفي جهاز الاستشعار حول العينة لمراقبة الانفعال الحادث للعينة مع تغير الحمل باستخدام الحاسب الألي.</p>

	
<p>١٣. شاهد قيام البرنامج برسم منحنى القوة ومقدار الاستطالة الحادث للعينة يقوم البرنامج</p>	<p>١٢. استخدام البرنامج الخاص بالماكينة لمراقبة وتسجيل نتائج الاختبار</p>
	
<p>١٥. لاحظ في كسر العينة وانتهاء الاختبار</p>	<p>١٤. لاحظ ظهور عنق في وسط العينة و اقترابها من الكسر في مكان محدد</p>
	
<p>١٧. قم بفك وإزالة العينة مستخدماً أذرع التحكم</p>	<p>١٦. قم بإزالة جهاز الاستشعار لفك العينة</p>

	
<p>١٩. قم بقياس قطر العينة عند عنق الكسر باستخدام القدمة ذات الورنية و سجله في جدول النتائج..</p>	<p>١٨. قم بقياس طول العينة بعد الكسر باستخدام القدمة ذات الورنية و سجله في جدول النتائج.</p>
<p>صورة العينة بعد الكسر</p>  <p>صورة العينة قبل الكسر</p> 	
<p>٢٠. لاحظ الفرق في الطول بين طول العينة قبل وبعد الاختبار و سجل مشاهداتك في جدول المشاهدات</p>	
<p>٢١. قم بتكرار الخطوات من ١ إلى ١٥ على كلا من عيني النحاس والحديد الزهر لتنفيذ التجربة الثانية والثالثة</p>	

٢٢. قم بتسجيل الحمل والاستطالة التي حصلت عليها من برنامج ماكينة الاختبار للعينات الثلاث واملئ الجدول التالي.

الاستطالة (ΔL (mm)			الحمل (kN)			الخاصية
العينة الثالثة	العينة الثانية	العينة الأولى	العينة الثالثة	العينة الثانية	العينة الأولى	م
حديد زهر	نحاس	حديد	حديد زهر	نحاس	حديد	
						١
						٢
						٣
						٤
						٥
						٦
						٧
						٨
						٩
						١٠

جدول رقم ٧: تسجيل قيم الحمل مع الاستطالة لكل عينة على حدة

٢٣. ارسم منحنى الحمل والاستطالة (F- δ) لثلاثة معادن مختلفة هي (الصلب الطري والنحاس والحديد الزهر) على نفس الورقة للمقارنة بينهم.



شكل رقم ٢٩

٢٤. احسب الاجهاد والانفعال للعينات الثلاث، مستخدماً قياسات الطول وقطر العينة قبل وبعد الاختبار

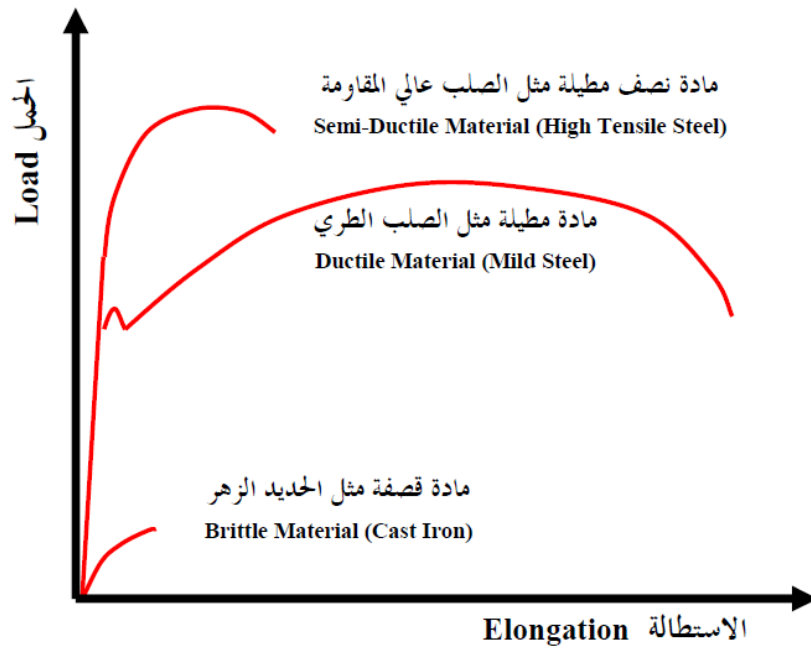
الانفعال $\epsilon = \frac{\Delta L}{L}$			الإجهاد $\sigma = \frac{F}{A}$ [N/m ²]			الخاصية
العينة الثالثة	العينة الثانية	العينة الأولى	العينة الثالثة	العينة الثانية	العينة الأولى	م
حديد زهر	نحاس	حديد	حديد زهر	نحاس	حديد	
						١
						٢
						٣
						٤
						٥
						٦
						٧
						٨
						٩
						١٠

جدول رقم ٧: حساب الإجهاد والانفعال لكل عينة على حدة

٢٥. ارسم منحنى الإجهاد والانفعال ($\sigma - \epsilon$) لثلاثة معادن مختلفة هي (الصلب الطري والنحاس والحديد الزهر) على نفس الورقة للمقارنة بينهم.



شكل رقم ٣٠

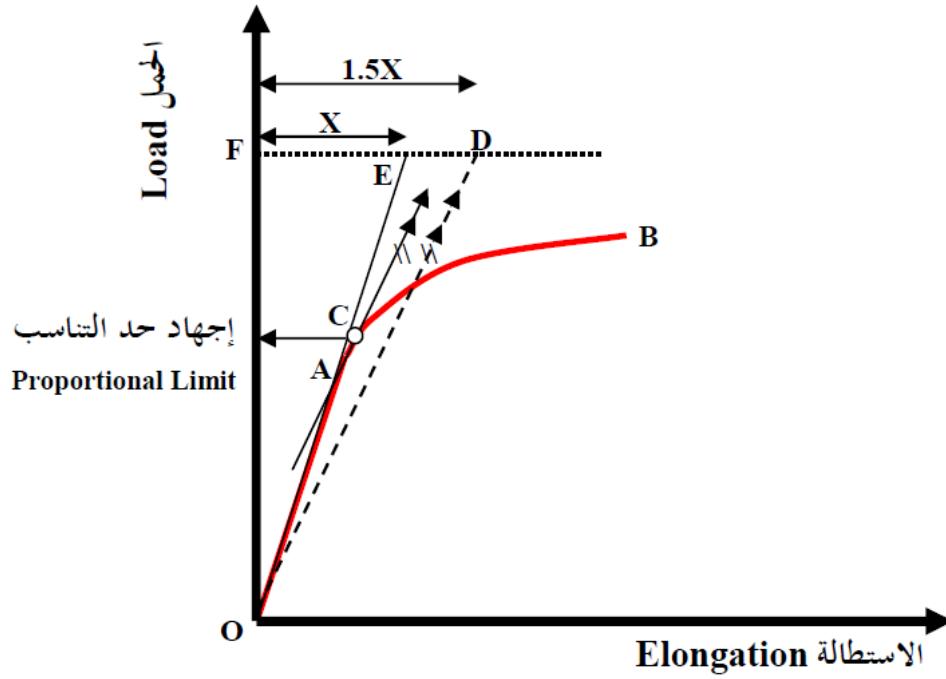


شكل رقم ٣١: مقارنة ثلاثة مواد معدنية مختلفة

٢٦. احسب معامل المرونة للمادة من العلاقة التالية أو من ميل الخط المستقيم من منحنى الإجهاد – الانفعال كما هو مبين في الشكل التالي و سجلها في جدول النتائج.

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (\text{ن/م}^2) = \frac{\text{Elastic stress}}{\text{Corresponding Elastic strain}} = \text{حساب قيمة معامل المرونة}$$

ولتعيين إجهاد حد التناسب يرسم أولاً مماس المنحنى من نقطة الأصل لتحصل على الخط (O-E) ثم يرسم الخط (O-D) له ميل ٥٠% أكبر من ميل الخط (O-E) أي أن الجزء (D-F) يساوي مرة ونصف من الجزء (F-E)، فإذا رسم مماس للمنحنى ويوازي الخط (O-D) فإنه يقطعه في نقطة (C)، فيكون إجهاد حد التناسب عند نقطة التماس (C) ويعتبر هو إجهاد حد التناسب بطريقة جونسون.



شكل رقم ٣٢: تعيين إجهاد حد التناسب (ميل الخط المستقيم)

٢٧. حدد قيمة إجهاد الخضوع Yield Stress أما من منحنى (الإجهاد - انفعال) مباشرة أو باستخدام طريقة رسم خط موازي لخط المرونة offset method في حالة إذا كانت نقطة الخضوع غير واضحة.

٢٨. حدد قيمة الإجهاد الأقصى Ultimate Stress وهي عند أعلى نقطة من منحنى الإجهاد - انفعال.

٢٩. حدد إجهاد الفشل أو الكسر Fracture Stress من منحنى الإجهاد - انفعال .

٣٠. احسب نسبة الاستطالة من العلاقة التالية و سجلها في جدول النتائج.

$$\% Elnog. = \frac{L_f - L_o}{L_o} \times 100 = \varepsilon \times 100$$

٣١. احسب نسبة النقصان في مساحة المقطع و سجلها في جدول النتائج.

$$\% A_{reduction} = \frac{A_o - A_f}{A_o} \times 100$$

٣٢. لاحظ الفروقات (التباين) بين سلوك كل معدن أثناء التحميل عليه في اختبار الشد حتى الكسر وسجل ذلك في جدول المشاهدات وقم بمناقشة منحنى الإجهاد والانفعال للمعادن الثلاثة مع المدرب.

تمثل الاستطالة النسبية في الطول والتناقص النسبي في مساحة المقطع قدرة المادة على التشكيل في المنطقة اللدنة Plastic Zone وبالتالي هي تقيس وتحدد خاصية المطيلية Ductility.

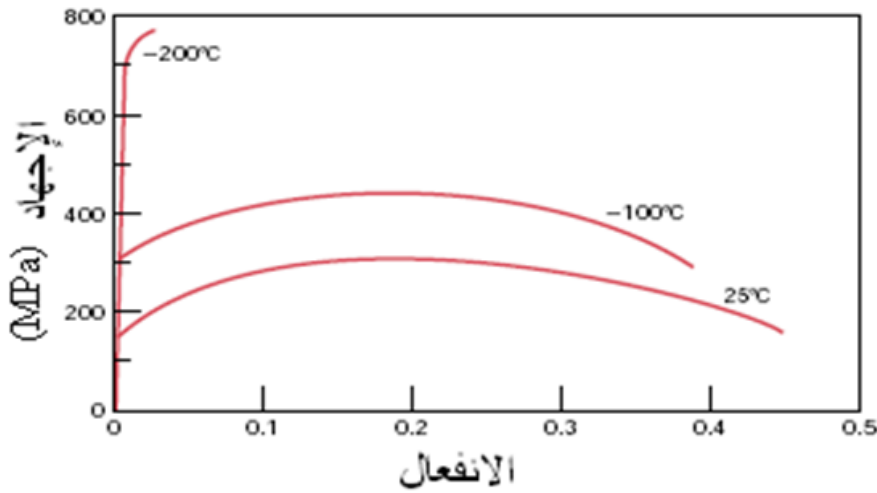


ملاحظات هامة يقوم المدرب بشرحها ومناقشتها مع الطلاب:

العوامل المؤثرة على خواص الشد للمعادن:

متغيرات الاختبار:

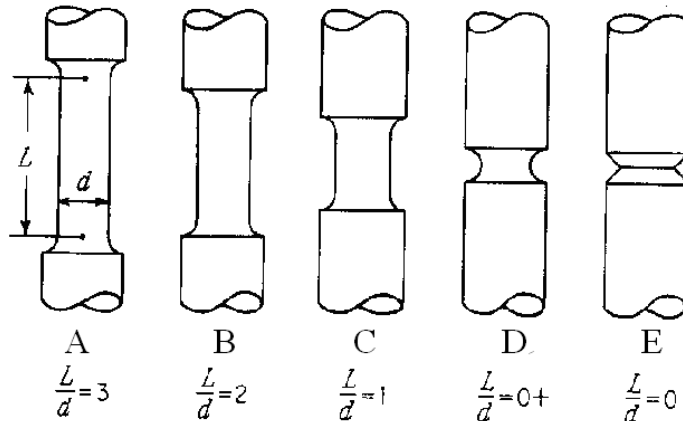
1. سرعة التحميل أثناء الاختبار: كلما زادت سرعة التحميل أثناء إجراء الاختبار للمعادن المطيلة والنصف مطيلة تزداد مقاومة الشد وإجهاد الخضوع وتقل المطيلية للمعادن. أما المعادن القصفة فلا تتأثر بهذه السرعة.
2. الحرارة أثناء الاختبار: إذا ارتفعت درجة الحرارة فإن مقاومة الشد تقل بينما تزداد المطيلية كما هو موضح في شكل رقم ٣٤.



شكل رقم ٣٣: تأثير درجة الحرارة على منحنى الإجهاد والانفعال للصلب في اختبار الشد.

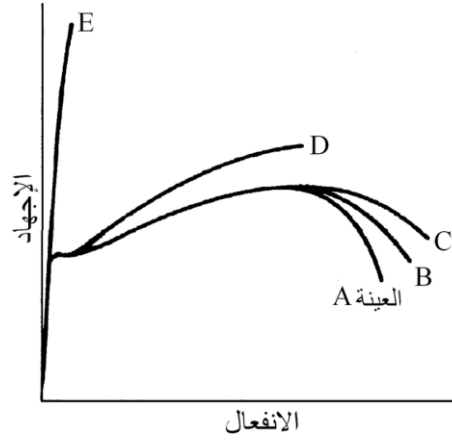
متغيرات عينات الاختبار:

1. شكل عينة الاختبار: يؤثر شكل عينة الاختبار (الذي يقدر بالنسبة بين طول العينة إلى قطر مقطع العينة L/d) على خواص الشد تأثيراً كبيراً بيناً فمثلاً إذا أخذت عينات بأشكال مختلفة كما هو موضح في شكل رقم ٣٤ واختبرت في الشد حتى الكسر فإن المنحنى البياني للإجهاد والانفعال لكل عينة يختلف عن الآخر وبالتالي جميع الخواص تختلف.



شكل رقم ٣٤: شكل عينة الاختبار (نسبة الطول إلى قطر العينة L/d)

٢. نسبة الكربون في الصلب: تعتبر نسبة الكربون في الصلب من أهم العوامل المؤثرة على خواص الصلب وسبائكه. فزيادة نسبة الكربون في الصلب تؤدي إلى زيادة في إجهاد حد التناسب وإجهاد الخضوع ومقاومة الشد ونقص في المطيلية والمتانة.



شكل رقم ٣٥: تأثير شكل عينة الاختبار على منحنى الإجهاد والانفعال في اختبار الشد.

تسجيل النواتج

القطر (مم)		الطول (مم)		نوع المعدن
النهائي (بعد الشد) d_f	الأصلي d_o	النهائي (بعد الشد) L_f	الأصلي L_o	
				صلب طرى (مادة مطيلة)
				نحاس أصفر (نصف مطيلة)
				حديد زهر (مادة قصفة)

جدول رقم ٨: تسجيل ابعاد كل عينة على حدة قبل و بعد الاختبار

العينة الثالثة حديد زهر	العينة الثانية نحاس	العينة الأولى حديد	الخاصية
			معامل المرونة Yield modulus
			إجهاد الخضوع Yield Stress
			قيمة الإجهاد الأقصى Ultimate Stress
			إجهاد الفشل أو الكسر Fracture Stress
			نسبة الاستطالة
			نسبة النقصان في المساحة

جدول رقم ٩: نتائج الخصائص الميكانيكية لكل عينة على حدة

المشاهدات

.....

.....

.....

.....

.....

.....



تقييم الأداء

ملاحظات	تحقق		م	معيار الأداء
	لا	نعم		
			١	يلتزم بإجراءات الأمان والسلامة بنسبة عالية.
			٢	يتعاون بين الطلبة لإنجاز الشغل المطلوب
			٣	ينفذ تعليمات المشرف المسؤول
			٤	ينجز التجربة بالوقت المطلوب
			٥	يقيس الحمل والاستطالة بدقة
			٦	يرسم المنحنيات بدقة ووضوح
			٧	يحسب الإجهاد والانفعال

جدول رقم ١٠

توقيع المدرب

الاسم: التوقيع: التاريخ:

الاختبار العملي

في نهاية التدريب العملي يعطى المتدرب:

لمجموعة من ثلاثة عينات تم عمل اختبار الشد لها سابقاً.

ينبغي أن يكون المتدرب قادراً على أن يقوم بالاتي في زمن قدرة ١٠ دقائق:

لم التمييز بين شكل العينات بعد انتهاء الاختبار وتحديد نوعها، بمعنى مادة مطيلة Ductile أو نصف

مطيلة Semi-ductile أو هاشة/قصفة (Brittle).

لم يحدد الأهمية الهندسية من معرفة إجهاد الخضوع ونسبة الاستطالة

اختبار الانضغاط Compression test

٨ ساعات	الزمن	٣	تدريب رقم
---------	-------	---	-----------

أهداف

- ✎ تحديد قدرة المعادن المطيلة Ductile ونصف المطيلة Semi-ductile والقصفة Brittle على تحمل التشوه تحت تأثير إجهادات الضغط
- ✎ تحديد المقاومة للقوى للمواد المختلفة تحت تأثير حمل الضغط
- ✎ تحديد إجهاد الخضوع للمواد المطيلة
- ✎ رسم منحنى الإجهاد والانفعال (Stress-Strain Curve) المواد تحت تأثير حمل الضغط
- ✎ رسم منحنى الإجهاد – الانفعال Stress-Strain Curve
- ✎ زيادة قدرة الطالب على استنباط الخصائص الميكانيكية للمواد من التجارب

الاحتياطات والأمان

- ✎ يجب عدم الاقتراب من العينة أثناء إجراء الاختبار.
- ✎ التأكد من إحكام تثبيت العينة في ماكينة اختبار الضغط قبل التحميل عليها.
- ✎ إعلام الطلاب بمكان زر الطوارئ الموجود بالماكينة.
- ✎ ارتداء نظارة واقية.
- ✎ ارتداء القفازات اليدوية.

متطلبات التدريب

الكمية	المواد والخامات	العدد والأدوات
1/نوع	قطع معدنية من معادن مختلفة مطيلية (الصلب الطري) ونصف مطيلية (النحاس الأصفر) وقصفة (الحديد الزهر) مع مراعاة أن تكون بنفس القطر والطول. ويمكن للمدرب أيضا أن يستعين ببعض المواد الأخرى كالبلستيك والمطاط والفيبر.	ماكينة اختبار الضغط
		قدمه ذات ورنية أو مايكرومتر
		مسطرة قياس
		مطرقة
		ذنبية أو أداة شنكرة

جدول رقم ١١

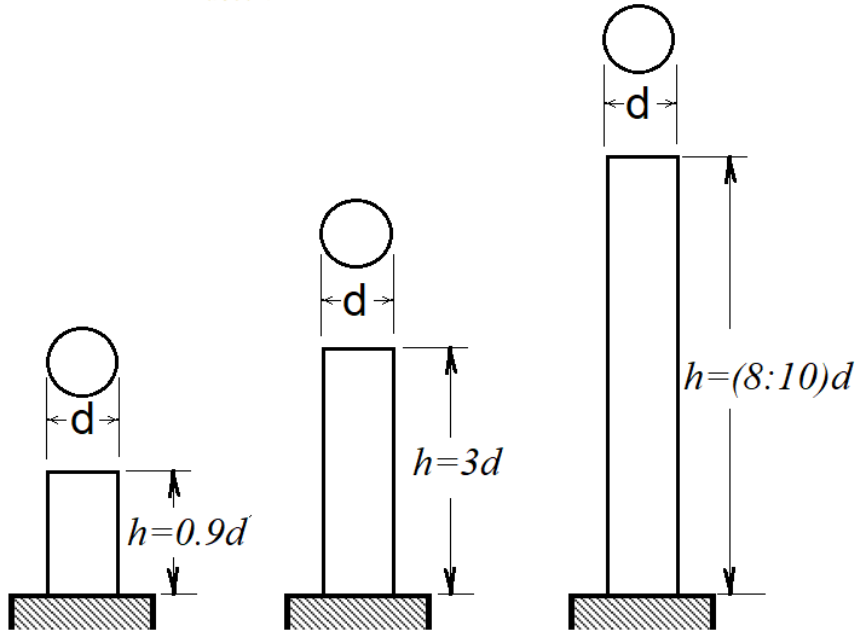
المعارف المرتبطة بالتدريب

يستخدم اختبار الضغط عادة كأساس لقبول المواد المعدنية محل الاختبار وقياس قدرتها على تحمل أحمال الضغط مثل فرش الماكينات، ويستخدم هذا الاختبار أيضا بكثرة في المواد الغير المعدنية مثل الخرسانة والحجارة والأخشاب. والغرض الأساسي من إجراء اختبارات الضغط للمواد المعدنية وغير المعدنية هو تعيين بعض الخواص وقياس مقاومتها للانضغاط، فمثلا في المواد المطيلة نتعرف على إجهاد الخضوع والرجوعية المرنة وكذلك معامل المرونة. أما بالنسبة للمواد القصفة فيتم تعيين مقاومة الضغط القصوى.

أ- المواصفات القياسية للعينات المستخدمة في اختبار الضغط:

توجد ثلاثة أنواع للعينات القياسية المستخدمة في اختبار الضغط وهي كالآتي:

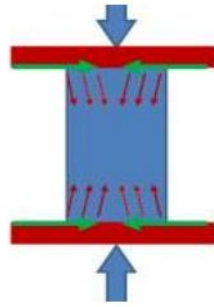
١. **العينة الطويلة:** يستخدم هذا النوع من العينات في حالة إجراء اختبار الضغط بهدف رسم منحنى الحمل والتشكل أو منحنى الإجهاد والانفعال، حتى تتمكن من تثبيت وتركيب أجهزة قياس التشكل على العينة كذلك بغرض سهولة تعيين حد التناسب ومنطقة الخضوع في الضغط. وتكون النسبة بين طول العينة الطويلة وقطر القطاع الخاص بها من ٨-١٠.
٢. **العينة المتوسطة:** يستخدم هذا النوع من العينات في حالة إجراء اختبار الضغط بهدف تعيين مقاومة الضغط للمعادن، ويكون طول العينة المتوسطة ثلاث أضعاف قطر مساحة المقطع (الطول = ٣ القطر).
٣. **العينة القصيرة:** تستخدم هذه لعينات في حالة إجراء اختبار الانضغاط بهدف اختبار معادن كراسي التحميل (الجلب الارتكازية)، بحيث يكون تأثير الاحتكاك الموجود مشابهة لحالة تشغيل المحامل. ويكون طول العينة القصيرة = ٠,٩ القطر. ويوضح شكل رقم ٣٦ العينات القياسية لاختبار الضغط.



شكل رقم ٣٦: أنواع العينات القياسية المستخدمة في اختبار الضغط

ب- الشروط الواجب توافرها في عينات اختبار الانضغاط للمعادن:

١. يجب أن تكون العينات الخاضعة لاختبار الانضغاط أسطوانية الشكل
٢. يكون سطحي نهايتي العينة المختبرة مستويين ومتوازيين وعموديين على محور العينة، لضمان توزيع التحميل على مسطح قاعدتي العينة بانتظام كما هو مبين في شكل رقم ٣٧.



شكل رقم ٣٧: الشكل الأسطواني لعينة الضغط

٣. يجب أن يكون ارتفاع العينات الخاضعة للاختبار لا يتعدى عشرة أمثال قطر مقطعها الدائري لتفادي حدوث انبعاج للعينة أثناء الاختبار حيث أن انبعاج العينة يولد عزوم انحناء إضافية أثناء التحميل بالضغط كما في شكل رقم ٣٨.



شكل رقم ٣٨: عينة نسبة الطول إلى القطر < ١٠ تعرضت للانبعاج

ت- مصطلحات هامة

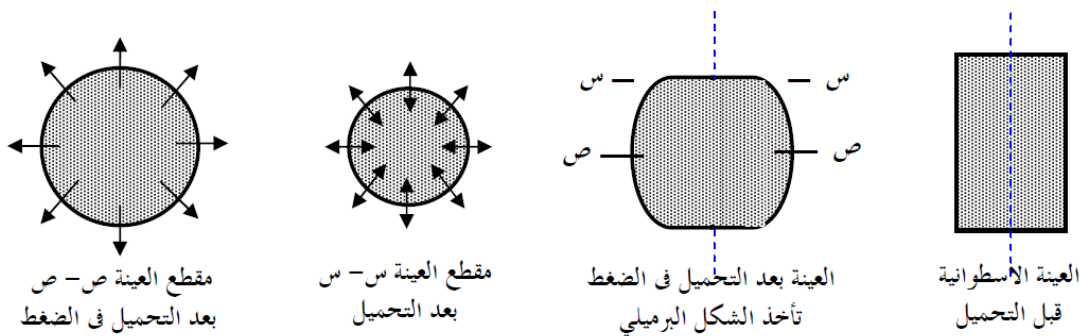
مقاومة الانضغاط:

تقيس مدى قدرة المادة على مقاومة قوى الضغط أو الأحمال المؤثرة في اتجاه محور المادة. ويكون اتجاه الحمل المؤثر في اختبار الضغط معاكس لاتجاه الحمل في اختبار الشد. ويوضح شكل رقم ٣٩ تأثير قوى الضغط على المادة و الذي يكافئ عملية الضغط على سوستة معدنية.



شكل رقم ٣٩: عينة تتعرض لقوى ضغط

عند التأثير بحمل الضغط على عينة أسطوانية الشكل من المواد المعدنية فإنها تنضغط ويتسبب ذلك في أن تأخذ العينة الشكل البرميلي نتيجة للزيادة العرضية في مساحة مقطعها المصاحبة للنقص في الارتفاع. تواجد قوى الاحتكاك بين العينة ورأس ماكينة الاختبار يتسبب في قلة الزيادة في العرض عند مقاطع نهايتي العينة المختبرة مقارنة بالزيادة العرضية في مقطع منتصف العينة بصورة تدريجية طبقاً لمدى تأثير قوى الاحتكاك. شكل رقم ٤٠ يوضح التغير في شكل عينة الاختبار نتيجة تعرضها لحمل الضغط. وسنتناول هنا في اختبار الضغط دراسة سلوك ثلاثة أنواع من المعادن تحت تأثير حمل الضغط وهم "المعادن المطيية" و "المعادن النصف مطيية" و "المعادن الهشة/القصفة".



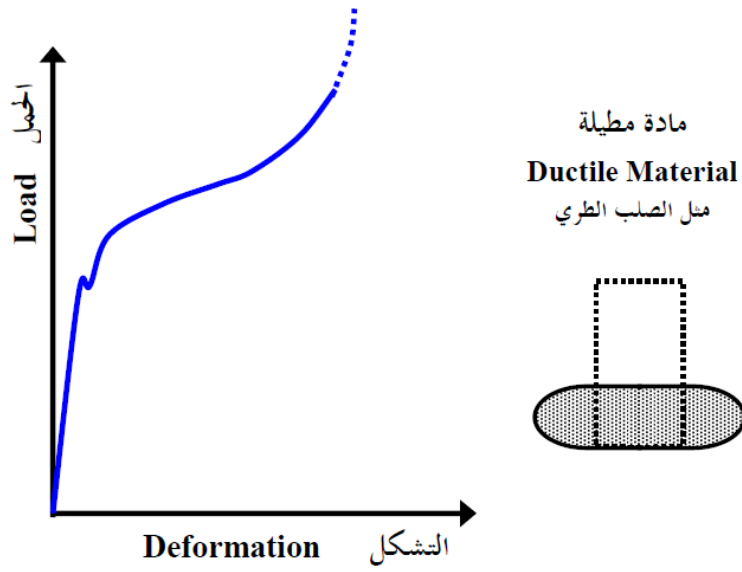
شكل رقم ٤٠: مراحل تغير شكل العينة أثناء اختبار الضغط

ث- سلوك المواد المعدنية أثناء اختبار الضغط:

أولاً: العينات المطيية Ductile specimens

عند إجراء اختبار الضغط لعينة مصنوعة من معدن مطيل "كالصلب الطري مثلاً" حتى حد المرونة فإننا نلاحظ تواجد جزء مستقيم بمنحنى الحمل والتشكيل حتى حد التناسب كذلك يوجد منطقة للخضوع.

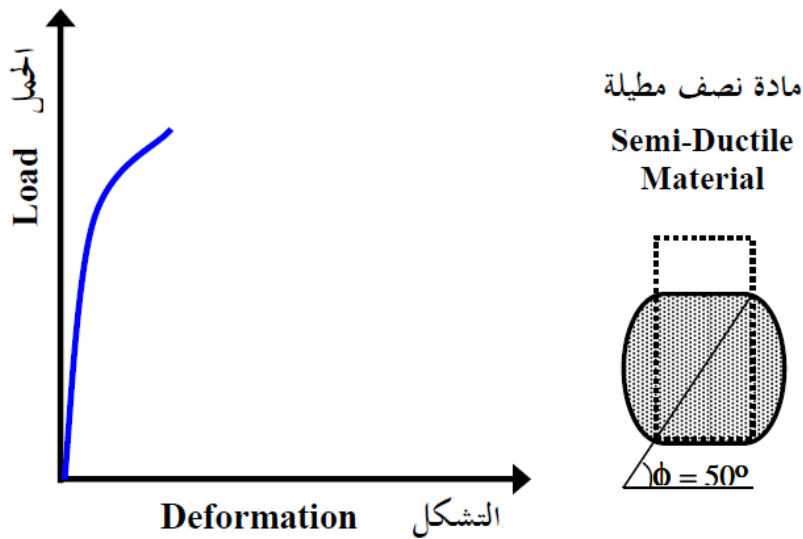
واستمرار التحميل فوق حد المرونة فإن العينة يزيد انضغاطها ثم تتفطح دون حدوث كسر للعينة مهما زاد التحميل كما هو موضح في شكل رقم ٤١ .



شكل رقم ٤١: سلوك المعادن المطيلة في اختبار الضغط.

ثانياً: العينات النصف مطيلة Semi-Ductile specimens

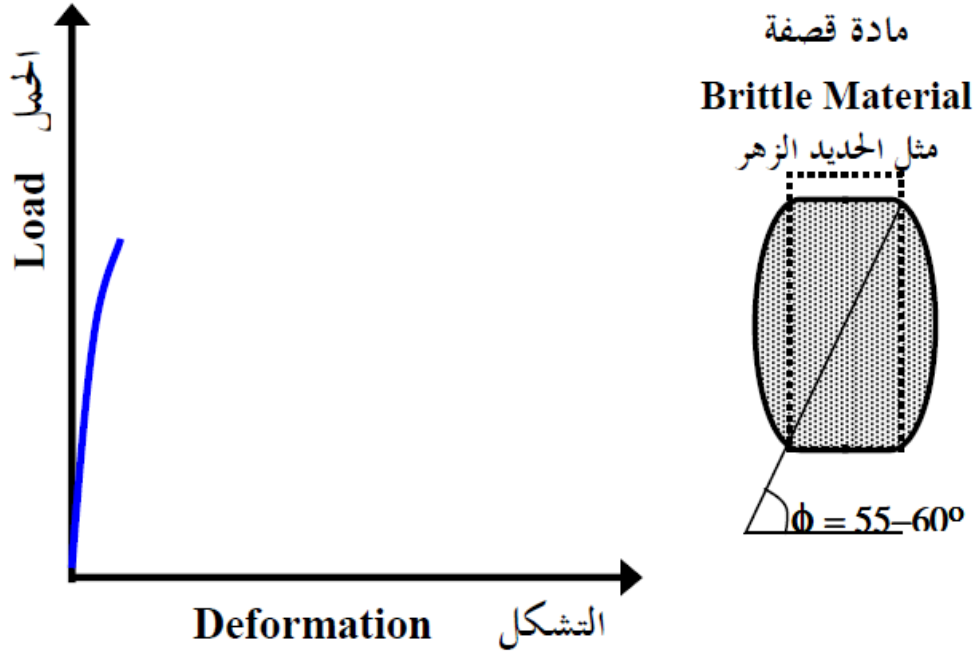
عند إجراء اختبار الضغط لعينة مصنوعة من معدن نصف مطيلة "كالنحاس الأصفر مثلاً" فإن العينة تنضغط مع زيادة التحميل ثم تنكسر على مستوى يعمل زاوية حوالي ٥٠ درجة مع الاتجاه الأفقي. ويمكن ملاحظة وجود جزء مستقيم بمنحنى الحمل والانضغاط حتى نهاية حد التناسب وقد يلاحظ أيضاً إما تواجد أو عدم تواجد منطقة للخضوع تبعاً لظروف معدن العينة من الواجهة التشغيلية أو المعاملة الحرارية ثم بعد ذلك يأخذ المنحنى شكلاً حتى الوصول للحمل الأقصى كما هو موضح في شكل رقم ٤٢. ويلاحظ وجود حد للمقاومة القصوى للمادة.



شكل رقم ٤٢: سلوك المعادن نصف المطيلة في اختبار الضغط.

ثالثًا: العينات القصفة Brittle specimens

عند إجراء اختبار الضغط لعينة مصنوعة من معدن قصفة "كالحديد الزهر مثلا" فإنه يحدث بها انضغاط قليل جدا ثم تنكسر على مستوى يميل على الأفقي بزاوية ٥٥-٦٠ درجة ويكون منحني الحمل والتشكل كما يتبين من شكل رقم ٤٣ ويلاحظ عدم تواجد منطقة خضوع وتواجد مقاومة قصوى للضغط.



شكل رقم ٤٣: سلوك المعادن القصفة في اختبار الضغط.

ج- القوانين الأساسية:

أثناء تعرض المادة لحمل ضغط في منطقة حدود المرونة للمعدن يصبح توزيع الإجهاد الناتج عن التأثير بحمل الضغط توزيعا منتظما على مساحة مقطع العينة. وتحسب الخصائص الميكانيكية التالية
 للإجهاد الانضغاط يساوي قسمة حمل الضغط F على المساحة الأصلية A_0 للمقطع المستعرض

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

للانفعال strain (ϵ) في اختبار الضغط من العلاقة التالية:

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

للإجهاد الحقيقي في اختبار الانضغاط هو حاصل قسمة الحمل المؤثر عند أي نقطة مقسوما على مساحة المقطع المستعرض عند هذه اللحظة. كما هو موضح بالعلاقة التالية.

$$\sigma_{tr} = \frac{F}{A_i}$$

للانفعال الحقيقي هو لوغاريتم الأساس (ϵ) لخارج قسمة المساحة الأصلية على مساحة المقطع المستعرض عند أية لحظة. كما هو موضح بالعلاقة التالية.

$$\varepsilon_{tr} = \log_e \frac{A_0}{A_i}$$

الإجهاد الأقصى للضغط σ_{max} .

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

حيث أن:

σ : الإجهاد، [Pa] أو [N/m²]

F: حمل الضغط أو القوة [N]

A₀: المساحة الأصلية لمقطع العينة [m²]

ΔL : الانضغاط [mm] & L₀: الطول الأصلي للعينة [mm]

σ_{tr} : الإجهاد الحقيقي في الضغط.

ε_{tr} : الانفعال الحقيقي في الضغط.

F: حمل الضغط أو القوة [N].

A₀: المساحة الأصلية للمقطع المستعرض [m²].

A_i: مساحة المقطع المستعرض عند أي لحظة.

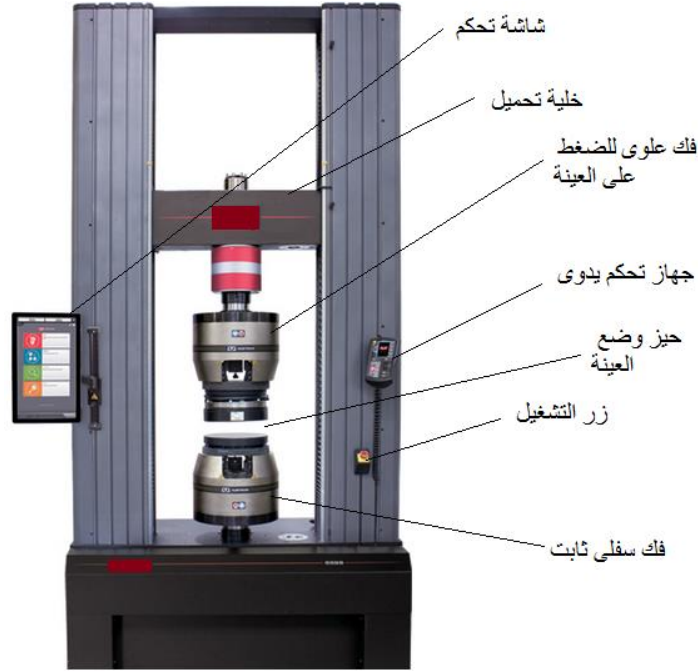
σ_{max} : الإجهاد الأقصى للضغط, [Pa] أو [N/m²]

F_{max}: حد المقاومة القصوى [N]

A₀: المساحة الأصلية لمقطع العينة [m²]

ح- شرح مكونات وطريقة عمل الجهاز:

يوضح شكل رقم ٤٤ ماكينة اختبار الضغط حيث يتكون سندان الجهاز من فكين أحدهما ثابت (الفك السفلي) والآخر متحرك (الفك العلوي) ويتم وضع العينة بين فكي السندان بالطريقة التي تضمن أن يكون حمل الضغط محوريا على العينة بحيث يكون سطحي نهايتي العينة المختبرة مستويين ومتوازيين وعموديين على محور العينة وحتى يتم توزيع التحميل على مسطح قاعدتي العينة بانتظام. يحتوي الجهاز على ما يسمى بخلية التحميل الإلكتروني والتي تتحكم في مقدار حمل الضغط الموزع على العينة ويحتوي الجهاز أيضا على جهاز تحكم يدوي لرفع وخفض الفك العلوي للجهاز حسب الحاجة كما يحتوي على زر التشغيل والذي يمكن استخدامه في حالة الطوارئ أيضا لفصل الطاقة عن الجهاز. وتتصل الماكينة بجهاز الحاسوب لتسجيل النتائج التي نحصل عليها من الاختبار فبعد الانتهاء من تثبيت العينة يقوم المتدرب باستخدام الحاسوب لمراقبة سلوك العينة أثناء الاختبار والتحكم في قيمة الحمل ومعاينة إزاحة الانضغاط المقابلة لها.



شكل رقم ٤٤: جهاز اختبار الانضغاط

خطوات تنفيذ التدريب

١. يراعى إجراءات الأمان والسلامة الخاصة بمعمل خصائص واختبارات المواد

أولاً: تجهيز العينة:

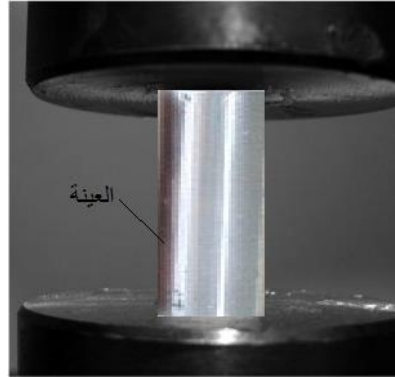
٢. يقوم المدرب بعرض عينات لثلاث معادن مختلفة (مطيلية ونصف مطيلية وقصفة) من الصلب الطري والنحاس والحديد الزهر
٣. يقوم الطالب بفحص العينات المعروضة والتفريق بينها حسب نوع المعدن.
٤. قم بقياس طول وقطر كلا منها وتسجيله.
٥. قم باختيار عينة الصلب الطري ليبدأ بها التجربة الأولى وعينة النحاس ليبدأ بها التجربة الثانية وعينة الحديد الزهر للتجربة الثالثة.



شكل رقم ٤٥: عينات قياسية متساوية الطول والقطر من الحديد الطري والنحاس الأصفر والأحمر والحديد الزهر

ثانياً: تنفيذ التجربة

١. استخدام جهاز التحكم اليدوي ليرفع الفك العلوي للماكينة حتى يتمكن من تثبيت العينة.
٢. قم بتثبيت عينة الصلب الطري أولاً بين فكي تحميل جهاز اختبار الضغط مع مراعاة تطابق محوري كلا من الجهاز وعينة الاختبار.



شكل رقم ٤٦

٣. قم بتثبيت أجهزة الاستشعار الخاصة بالجهاز حول العينة لرصد المتغيرات وسلوك العينة أثناء التحميل
٤. شغل جهاز الحاسوب الخاص بالجهاز كي تبدأ الاختبار.
٥. قم بالتحميل التدريجي على عينة الاختبار بسرعة لا تتعدى ١,٢٥ مم/دقيقة
٦. سجل مقدار حمل الضغط مع تسجيل حملي الخضوع والكسر إن وجدا حسب نوع العينة، فكما تعلم أن الصلب الطري لن ينكسر لأنه معدن مطيل لذلك نكتفي بتحميلها إلى ٧٠ كيلو نيوتن.
٧. أوقف الاختبار بعد أن يصل مقدار الحمل إلى ٧٠ كيلو نيوتن.
٨. فك عينة الاختبار وأخرجها من الجهاز.
٩. قم بقياس الارتفاع وأكبر قطر للعينة بعد عملية الضغط.

١٠. قارن بين طولي وقطري العينة قبل وبعد الاختبار.



شكل رقم ٤٧

١١. كرر الخطوات من ١ إلى ١٥ على كلا من عيني النحاس والحديد الزهر لتنفيذ التجربة الثانية والثالثة مع ملاحظة أن يستمر الطالب في التحميل على العينة حتى الكسر وبعد إخراج العينة المكسورة يقوم الطالب بقياس الارتفاع وأكبر قطر للعينة وزاوية الكسر.

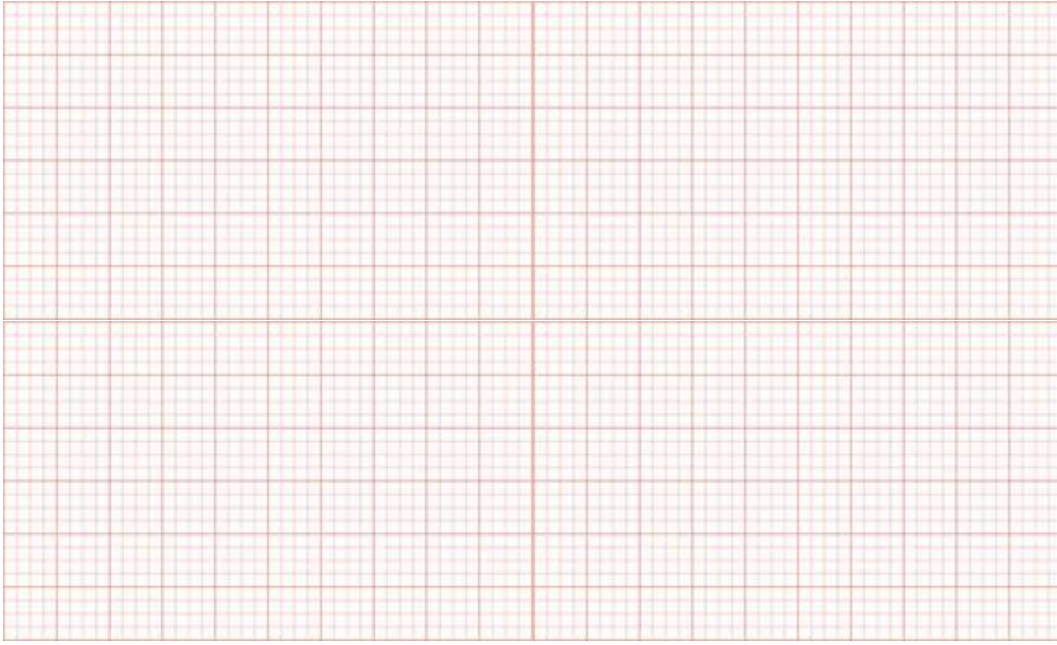
١٢. قم بتسجيل طول وقطر العينة قبل وبعد الاختبار في جدول النتائج بالأصل.

١٣. قم بتسجيل الحمل والاستطالة التي حصلت عليها من برنامج ماكينة الاختبار للعينات الثلاث واملئ الجدول التالي:

الاستطالة ΔL (mm)		الحمل (kN)			الخاصية	
العينة الثالثة	العينة الثانية	العينة الأولى	العينة الثالثة	العينة الثانية	العينة الأولى	م
حديد زهر	نحاس	حديد	حديد زهر	نحاس	حديد	
						١
						٢
						٣
						٤
						٥
						٦
						٧
						٨
						٩
						١٠

جدول رقم ١٢: تسجيل قيم الحمل مع الاستطالة لكل عينة على حدة

١٤. ارسم منحنى الحمل والاستطالة (F- δ) لثلاثة معادن مختلفة هي (الصلب الطري والنحاس والحديد الزهر) على نفس الورقة للمقارنة بينهم.



شكل رقم ٤٨

١٥. احسب الإجهاد والانفعال للعينات الثلاث، مستخدماً قياسات الطول وقطر العينة قبل وبعد الاختبار.

الانفعال $\epsilon = \frac{\Delta L}{L}$			الإجهاد $\sigma_c = \frac{F}{A}$ [N/m ²]			الخاصية
العينة الثالثة	العينة الثانية	العينة الأولى	العينة الثالثة	العينة الثانية	العينة الأولى	م
حديد زهر	نحاس	حديد	حديد زهر	نحاس	حديد	
						١
						٢
						٣
						٤
						٥
						٦
						٧
						٨
						٩
						١٠

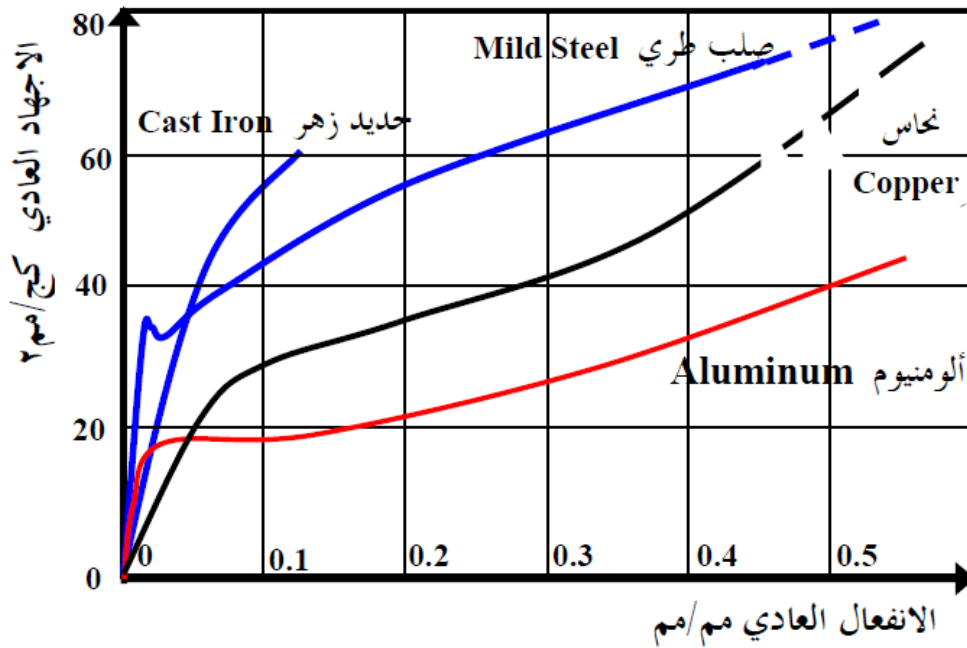
جدول رقم ١٣: حساب الإجهاد و الانفعال لكل عينة على حدة

١٦. ارسم منحنى الإجهاد والانفعال ($\sigma - \epsilon$) لثلاثة معادن مختلفة هي (الصلب الطري والنحاس والحديد

الزهر) على نفس الورقة للمقارنة بينهم.



شكل رقم ٤٩



شكل رقم ٥٠: منحنيات الاجهاد و الانفعال لمعادن مختلفة اثناء اختبار الضغط

١٧. احسب معامل المرونة حسب نوع المادة

أ. المواد المطيلية من العلاقة التالية

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (\text{ن/م}^2) \quad \frac{\text{Elastic stress}}{\text{Corresponding Elastic strain}} = \text{حساب قيمة معامل المرونة}$$

أو من ميل الخط المستقيم من منحنى الإجهاد – الانفعال وسجلها في جدول النتائج.

ب. المواد القصفة

$$E = \frac{\sigma^n}{\epsilon}$$

حيث n : رقم ثابت يختلف من معدن الى معدن.

١٨. احسب إجهاد الخضوع في حالة المعادن.

١٩. حدد قيمة إجهاد الخضوع Yield Stress (σ_y) للمواد المطييلة أما من منحنى (الإجهاد – انفعال) مباشرة أو باستخدام طريقة رسم خط موازي لخط المرونة offset method في حالة إذا كانت نقطة الخضوع غير واضحة. أما في حالة المعادن القصفة والنصف مطييلة فيتم حساب المقاومة القصوى للضغط. مع ملاحظة أن حمل الكسر هو قيمة الحمل الذي انكسرت عنده العينة و سجله في جدول النتائج.

٢٠. احسب معامل المطروقية Modulus of Malleability للعينة (نسبة الزيادة في مساحة المقطع) كما يلي

$$\% MOM = \frac{A_f - A_o}{A_o} \times 100$$

٢١. تحديد إجهاد الفشل أو الكسر Fracture Stress من منحنى الإجهاد- انفعال .

٢٢. حساب نسبة القصر

$$\% Elnog. = \frac{L_f - L_o}{L_o} \times 100 = \epsilon \times 100$$

٢٣. لاحظ الفروقات (التباين) بين سلوك كل معدن أثناء التحميل عليه في اختبار الشد حتى الكسر إن وجد في العينات وسجل ذلك في جدول المشاهدات وملاحظة أشكال الكسر و قم بمناقشة منحنى الإجهاد والانفعال للمعادن الثلاثة مع المدرب.

تمثل نسبة القصر النسبية في الطول والتزايد النسبي في مساحة المقطع قدرة المادة على التشكيل في المنطقة اللدنة Plastic Zone وبالتالي هي تقيس وتحدد خاصية المطيالية Ductility



ملاحظات هامة يقوم المدرب بشرحها ومناقشتها مع الطلاب:

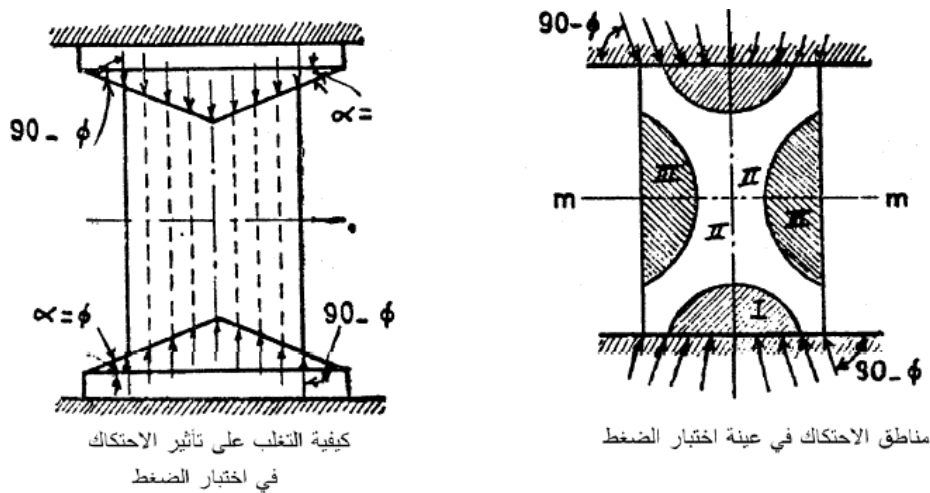
العوامل المؤثرة على دقة نتائج اختبار الضغط هي ما يلي:

١. شكل العينة: حيث يفضل أن يتناسب مقطع العينة المختبرة مع رأس ماكينة الاختبار فصغر مقطع العينة بالنسبة لمساحة رأس الماكينة يؤثر على قيمة الحمل المنتقل للعينة فيتوجب حينها استعمال قطع ارتكاز (جلب) بين نهايتي العينة وبين فكي ماكينة الاختبار.

٢. الاحتكاك عند سطحي نهايتي العينة المختبرة: نظرا للإجهادات القطرية والمماسية لقوى الاحتكاك بين سطحي قطعة الاختبار وبين رأس ماكينة الاختبار لا يحدث انتظام أو تجانس في توزيع الإجهادات على عينة الاختبار. وللتغلب على هذه المشكلة تشحم الأسطح المعرضة للاحتكاك باستعمال مادة تشحيم مناسبة ولا يعني هذا تجنب القوى المسببة للاحتكاك تماما بالتشحيم في حالة الأسطح غير منتظمة.

وهناك طريقة أخرى للحصول على تشكيل منتظم بعينة الاختبار وهي تقسيمها إلى ثلاثة أجزاء وبذلك نحصل على انتظام في شكل الجزء الأوسط من العينة. ونستخدم هذه الطريقة في المواد التي لها تغير قليل في الشكل.

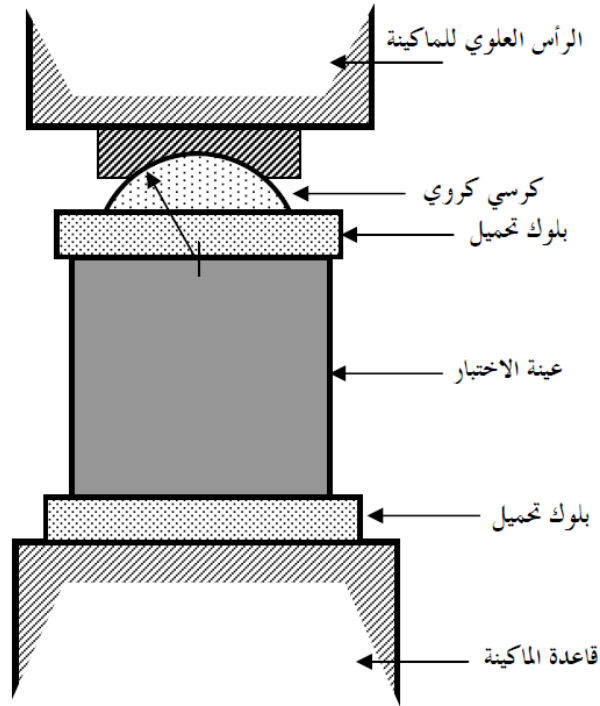
أما الطريقة الثالثة لتقليل الاحتكاك فهي لف رأس ماكينة الاختبار بحيث يميل بزوايا معينة وليكن (α) على سطحي عينة الاختبار وبهذا يتوازي اتجاه الإجهادات مع محور قطعة الاختبار وتحفظ العينة بشكلها الأسطواني بعد الاختبار كما يمكن تقليل الاحتكاك مع رأس الماكينة عن طريق دهان وتشحيم سطحي عينة الاختبار. ويوضح شكل رقم ٥١ مناطق الاحتكاك وكيفية التغلب عليها في عينة اختبار الضغط.



شكل رقم ٥١: مناطق الاحتكاك وكيفية التغلب عليها في عينة اختبار الضغط.

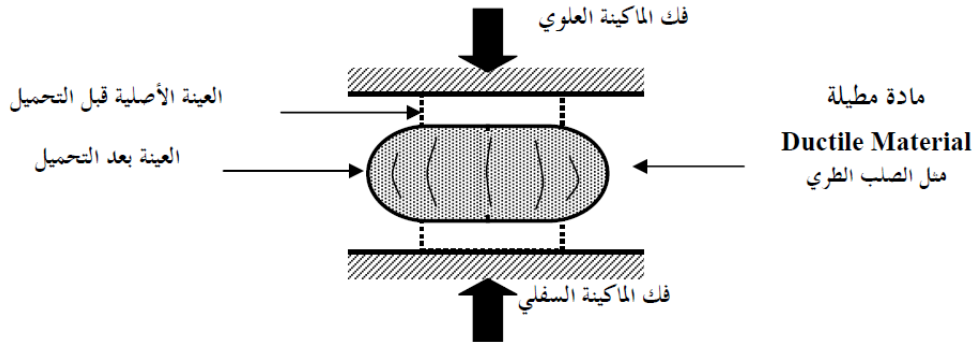
٣. انبعاج العينة: يجب أن يكون ارتفاع العينة الخاضعة لاختبار الضغط لا يزيد عن قطرها بمقدار ١٠ مرات لضمان منع حدوث انبعاج للعينة.

٤. المحورية: يجب أن يكونا سطحي التحميل فكي ماكينة الاختبار مستويين وعموديين على محور العينة لضمان انتظام الإجهادات المؤثرة على سطحي العينة المختبرة ولضمان أيضا عدم حدوث أي انحناء للعينة. ولذلك يستعمل مرتكز كروي لتعديل أي انحراف في ميل الحمل وجعله محوريا دائما. ويوضح شكل رقم ٥٢ المرتكز الكروي لتعديل الانحراف في ميل الحمل.

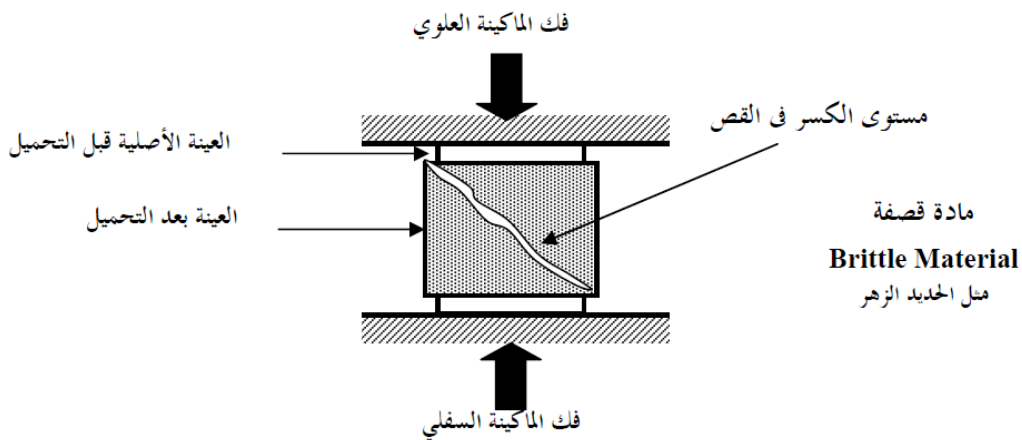


شكل رقم ٥٢: المرتكز الكروي لتعديل الانحراف في ميل الحمل.

اشكال العينات المطيلية والنصف مطيلية والقصفة مبينة في شكلي ٥٣ و ٥٤



شكل رقم ٥٣: الانهيار في المعادن المطيلية



شكل رقم ٥٤: الانهيار في المعادن النصف المطيلية والقصفة

تسجيل النواتج

زاوية ميل الكسر مع الأفقي	حمل الانكسار (KN)	حمل الخضوع (KN)	الطول (مم)		القطر (مم)		نوع المعدن
			النهائي (بعد الكسر) L_f	الأصلي L_o	النهائي (بعد الكسر) d_f	الأصلي d_o	
							صلب طرى (مادة مطيئة)
							نحاس أصفر (نصف مطيئة)
							حديد زهر (مادة قصفة)

جدول رقم ١٤

المشاهدات

.....

.....

.....

.....

.....

.....



تقييم الأداء

ملاحظات	تحقق		معايير الأداء	م
	لا	نعم		
			يلتزم بإجراءات الأمان والسلامة بنسبة عالية.	١
			يتعاون بين الطلبة لإنجاز الشغل المطلوب	٢
			ينفذ تعليمات المشرف المسؤول	٣
			ينجز التجربة بالوقت المطلوب	٤
			يقيس الحمل والاستطالة بدقة	٥
			يرسم المنحنيات بدقة ووضوح	٦
			يحسب الإجهاد والانفعال	٧
			يرتب مكان العمل و يعيد الماكينة لحالتها الأصلية	٨

توقيع المدرب

الاسم: التوقيع: التاريخ:

الاختبار العملي

في نهاية التدريب العملي يعطى المتدرب:

لـ مجموعة من ثلاثة عينات مختلفة تم عمل اختبار الضغط لها سابقا.

ينبغي أن يكون المتدرب قادرا على أن يقوم بالاتي في زمن ١٠ دقائق:

لـ التمييز بين شكل العينات بعد انتهاء الاختبار وتحديد نوعها، بمعنى مادة مطيلة Ductile أو نصف

مطيلة Semi-ductile أو هاشة/قصفة (Brittle) في دقيقتين وقياس زاوية الكسر للصنفين الثاني والثالث.

لـ هل تتساوى حدود إجهاد الخضوع σ_y الأجهاد الأقصى σ_u في اختباري الشد والانضغاط للمواد

المطيلية وما هو الحال بالنسبة للمواد القصفة؟ وما أهمية معرفة ذلك بالنسبة للفنيين والمهندسين العاملين بالمهن الميكانيكية.

اختبار الصلادة Hardness test

تدريب رقم	٤	الزمن	٨ ساعات
-----------	---	-------	---------

أهداف

- ✍ قياس صلادة العلامة للمواد بطريقة برينل Brinell's method
- ✍ قياس صلادة العلامة للمواد بطريقة فيكرز Vickers's method
- ✍ معرفة أهمية اختبار الصلادة للمواد.
- ✍ معرفة الأنواع المختلفة للصلادة.
- ✍ معرفة العلاقة بين رقم برينل للصلادة ومقاومة الشد للمعدن.
- ✍ زيادة قدرة الطالب على استنباط الخصائص الميكانيكية للمواد من الاختبارات.

الاحتياطات والأمان

- ✍ ارتداء نظارة واقية.
- ✍ ارتداء القفازات اليدوية.
- ✍ يجب عدم الاقتراب من العينة أثناء إجراء الاختبار.
- ✍ التأكد من إحكام تثبيت العينة في ماكينة اختبار الصلادة قبل التحميل عليها.
- ✍ إعلام الطلاب بمكان زر الطوارئ الموجود بالماكينة.

متطلبات التدريب

العدد والأدوات	المواد والخامات	نوع
جهاز برينل لاختبار صلادة العلامة للمعادن.	اختيار أي جزء ميكانيكي مناسب من ورشة العمل لقياس صلادته كالمشاحن الجبري "Turbocharger" مثلا.	1/نوع
جهاز فيكرز لاختبار صلادة العلامة للمعادن	قطع معدنية من معادن مختلفة مطيلية (الصلب الطري) ونصف مطيلية (النحاس الأصفر) وقصفة (الحديد الزهر) مع مراعاة أن تكون بنفس القطر والطول.	1/نوع
مفتاح الأنكية نجمة		

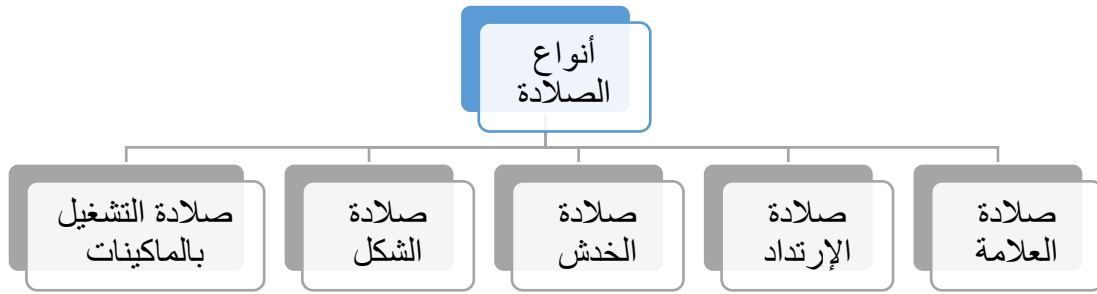
جدول رقم ١٥

المعارف المرتبطة بالتدريب

الصلادة هي مقاومة المادة للخدش، التغلغل، أو التآكل. أي أن صلادة المادة هي الخاصية التي تمكنها من الاحتفاظ بشكل سطحها سليماً متماسكاً تحت تأثير الأحمال، لذلك فيمكننا القول أن صلادة المعدن تعبر عن قدرته على مقاومة البري أو مقاومة حدوث علامة به أو هي مقاومة التآكل نتيجة الاحتكاك بالتحميل.

أ- أنواع الصلادة:

وهناك أنواع مختلفة للصلادة يوضحها شكل رقم ٥٦.



شكل رقم ٥٥: أنواع لصلادة

أولاً: صلادة العلامة

وهي الخاصية التي تمكن المعدن من مقاومة حدوث علامة به نتيجة التأثير عليه بحمل ساكن أو متحرك. حيث أن المعادن التي تتمتع بصلادة علامة عالية كإلياف الكربون والفاناديوم (vanadium) والكفلار (Kevlar) وغيرها التي يمكن استخدامها في العديد من التطبيقات مثل صناعة ريش المحركات التوربينية وهياكل الطائرات الحربية وخزانات الوقود الخاصة بها كما يمكن استخدامها أيضاً لصناعة هياكل الدبابات وغيرها كما هو موضح في شكل رقم ٥٦. وكل ذلك لأن صلادة هذه المعادن العالية تعطيها مناعة لاختراق الأجسام الحادة والرصاص والقنابل لجدارتها.



شكل رقم ٥٦: معادن صلادة تصنع منها ريش المحركات التوربينية وهياكل الدبابات

ثانياً: صلادة الارتداد:

وهي الخاصية التي تعبر عن مدى قدرة المادة على الرجوعية؛ أي قدرتها على امتصاص الطاقة الناتجة من تأثير الأحمال عليها ثم إعادتها مرة ثانية عند إزالة هذه الأحمال. وتستعمل المعادن التي تتمتع بصلادة ارتداد عالية في صناعة اليابات الخاصة بالمركبات والشاحنات كما هو موضح في شكل رقم ٥٧.



شكل رقم ٥٧: اليابات ذات صلادة عالية

ثالثاً: صلادة الخدش:

هي الخاصية التي تعبر عن مدى مقاومة سطح المعدن للخدش. وتفيد هذه الخاصية في تقدير صلادة المعدن في عمليات البرد حيث أن المعادن التي لها صلادة خدش صغيرة يسهل إجراء عمليات البرادة لها. كما تفيد خاصية صلادة الخدش أيضاً في معرفة ما إذا كان المعدن سيتعرض للخدش أثناء التشغيل.

رابعاً: صلادة الشكل:

وهذه الخاصية تعبر عن مدى قدرة سطح المعدن على مقاومة البري والتآكل نتيجة الاحتكاك، فالمعادن التي لها صلادة تآكل عالية تستخدم في تغليف عجلات القطارات وأسطح القضبان ولصناعة أجزاء الماكينات المعرضة للاحتكاك كما هو موضح في شكل رقم ٥٨.



شكل رقم ٥٨: عجلات القطار لها صلادة عالية تقاوم التآكل

خامساً: صلادة التشغيل بالماكينات:

وهذه الخاصية تعبر عن مدى مقاومة المعدن للتشغيل بالماكينات المستخدمة في عمليات التشغيل المختلفة كالثقب والقطع والبرد وغيرها... فالمعادن التي لها صلادة تشغيل عالية تتسبب في تقليل الإنتاج والماكينات

المستخدمة في تشغيلها تتطلب قطع غيار كثيرة. لذلك فيجب معرفة صلادة التشغيل أولاً للمعدن المراد تشغيله حتى تتمكن من اختيار الماكينة والأداة المناسبة للتشغيل.

ب- أهمية اختبار الصلادة:

معظم المواصفات القياسية تحتم ضرورة عمل اختبار الصلادة للمعادن واعتباره كاختبار قبول أو رفض لها. فهناك العديد من الاختبارات التي تستخدم لتحديد صلادة العلامة كاختبار فيكرز Vickers's test أو اختبار برينل Brinell's test وغيرها من الاختبارات الأخرى، وتستخدم نتائج اختبارات الصلادة في الأغراض الآتية؛

١. تحديد نسبة الكربون المناسبة لإضافتها في صناعة الصلب لأنه من المعروف أن كلما نقصت نسبة الكربون في المعدن كلما قلت صلادته.

٢. معرفة صلادة المعدن قبل التشغيل يساعد في تحديد ماكينات التشغيل المناسبة ومن ثم التحكم في الإنتاج.

٣. ترتيب المعادن حسب صلادتها ومن ثم تحديد الاستخدام المناسب لها في التطبيقات الصناعية المختلفة.

٤. التأكد من ملائمة ودقة عمليات المعالجة الحرارية المستخدمة في صناعة المعادن لأن هذه العمليات تؤثر تأثيراً مباشراً على صلادة سطح المعدن.

٥. استخدام طريقة برينل لعمل اختبارات الصلادة يمكنها إعطاء القيمة التقريبية لمقاومة الشد للمعدن دون الحاجة إلى إجراء اختبار متلف له.

٦. معرفة مدى تأثير طريقة تشغيل المعدن للشكل المطلوب على صلادته وذلك بإجراء اختبار صلادة للمعدن قبل وبعد عملية التشغيل.

ويجدر بنا التنويه هنا على أن اختبار صلادة العلامة هو أكثر اختبارات الصلادة استخداماً في المجال الهندسي أو الصناعي. وفي هذا النوع من الاختبار يتم استخدام أداة ويضغط بها على المعدن حتى تترك أثر علامة على سطح المعدن بعد إزالة الحمل المؤثر، وتتراوح مدة التحميل ما بين ١٥ إلى ٣٠ ثانية. ويتم معرفة صلادة المعدن بقياس عمق الأثر أو عرضه حيث أن كلما زادت القيمة المقاسة للأثر كانت صلادة المعدن أقل، وتكون قيمة صلادة المعدن كالاتي؛ صلادة المعدن = الحمل المؤثر / مساحة الأثر

ت- القوانين الأساسية

أولاً: اختبار برينل Brinell للصلادة

يستخدم رقم برينل Brinell No. للصلادة للتعبير عن صلادة المعدن الخاضع للاختبار الذي يحسب كما يلي؛

رقم صلادة برينل = حمل الاختبار (Kg) / مساحة أثر الكرة على قطعة الاختبار (mm^2) كما هو موضح بالعلاقة التالية ؛

$$\text{Brinell Hardness Number} = B.H.N = \frac{F}{\pi \times D \times h}$$

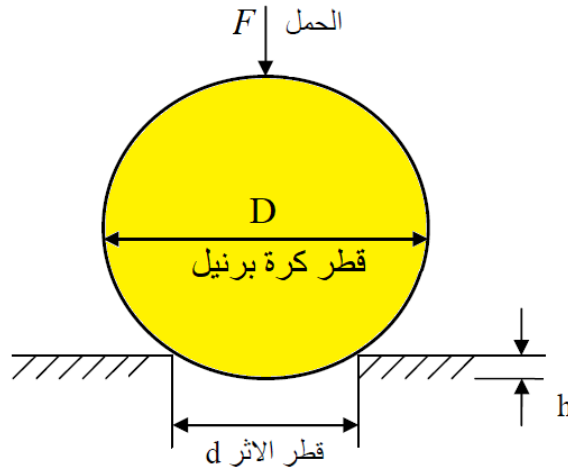
حيث أن:

h: عمق الأثر (mm)، D: قطر كرة برينل (mm).

d: قطر الأثر (mm)، F: حمل الاختبار (Kg).



شكل رقم ٥٩: أداة اختبار برنل للصلادة



شكل رقم ٦٠: اثر كرة برينل للصلادة.

ث- النقاط الواجب مراعاتها عند الاختبار:

١. قياس الأثر (d) في اتجاهين متعامدين واعتبار متوسطهما عند حساب رقم برينل للصلادة.
٢. دقة القياس يجب وأن تكون حتى 0.01 mm.
٣. أن يكون شكل الأثر وعمقه بدرجة تمكن من دقة القياس أي لا يكون العمق صغيرا بدرجة تكون هبوط حول الأثر وألا يكون العمق كبيرا بدرجة تكون تشوه أو نتوء حول الأثر.

٤. يعتبر الأثر مناسباً لحساب رقم برنيل إذا كانت قيمة قطره تتراوح من 0.25 إلى 0.5، أي أن يكون؛ $d/D = 0.25-0.5$ أي بمتوسط $d/D = 0.375$ ، ويعامل هذا الرقم على أنه شرط مهما اختلف نوع المعدن المختبر.

يراعى أن حمل الاختبار المناسب للمعدن المختبر لا بد وأن تستعمل معه كرة ذات قطر مناسب حتى نحصل على أثر مناسب لقياس قطره بدقة أي حتى نستوفى الشرط $d/D = 0.5-0.25$ وأن يساوى قيمة ثابتة مهما اختلف نوع المعدن المختبر. ويتطلب هذا الشرط أن يكون الأثر متشابهاً هندسياً مهما اختلفت الأحمال وأقطار كرات برنيل المستخدمة كما في شكل رقم ٦٠.

قد اتضح من التجارب المختلفة أن متوسط إجهاد الضغط للتحميل على سطح المعدن له قيمة ثابتة عند حصول أثار كرات برنيل بحيث تتشابه تلك الأثار هندسياً مع اختلاف أقطارها والحمل أي أن؛

$$\sigma = \frac{F}{\pi \times d^2/4}$$

وحيث أن d/D ثابت أي d^2/D^2 ثابت أيضاً وأن F/d^2 ثابت وبالتالي $(d^2/D^2) \times (F/d^2)$ ثابت وعلى ذلك تكون العلاقة بين قطر كرة برنيل وحمل الاختبار هي؛

$$(2.15) \quad \frac{\text{حمل الإختبار}}{(\text{قطر كرة برنيل})^2} = \frac{F}{D^2} = \text{عدد ثابت}$$

ويختلف هذا العدد الثابت باختلاف نوع المعدن كما مبين في جدول رقم ١٦.

رقم برنيل للصلادة	نوع المعدن	الثابت $\frac{F}{D^2}$
أكبر من 160	المعادن الحديدية	30
من 60 إلى 160	سبائك النحاس وسبائك الألومنيوم	10
من 20 إلى 60	النحاس - الألومنيوم	5
أقل من 20	الرصاص - القصدير - سبائكهما	1

جدول رقم ١٦

فإذا كان لدينا عينة من الصلب ونريد عمل اختبار برنيل للصلادة لها باستخدام كرة برنيل قطرها $(D=10 \text{ mm})$ ونريد حساب قيمة الحمل اللازم للاختبار فيكون الحل كالآتي؛

نستخدم جدول رقم ١٦ لنحصل على قيمة الثابت $(\frac{F}{D^2})$ وهي 30 وبالتالي يكون الحمل اللازم للاختبار هو

$$\frac{F}{D^2} = 30 \rightarrow \frac{F}{10^2} = 30 \rightarrow F = 3000 \text{ Kg}$$

ويبين جدول رقم ١٧ الأحمال المستخدمة في اختبار برنيل للصلادة للمعادن المختلفة؛

الحمل F (kg)				قطر كرة برنل: D (mm)
الثابت $\frac{F}{D^2}$				
30	10	5	1	
30	10	5	1	1
120	40	20	4	2
750	250	125	25	5
3000	1000	500	100	10

جدول رقم ١٧

ثانياً: اختبار فيكرز Vickers للصلادة

يحسب رقم فيكرز للصلادة كالتالي:

$$\text{رقم صلادة فيكرز} = \frac{\text{حمل الاختبار (Kg)}}{\text{مساحة أثر الكرة على قطعة الإختبار (mm}^2\text{)}}$$

$$\text{Vickers Hardness No. (V.H.N.)} = \frac{2 \times F \times \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)}{d^2}$$

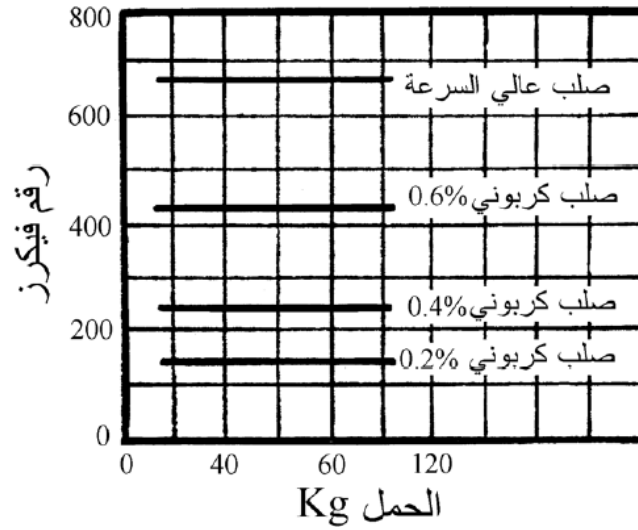
$$\text{V.H.N.} = 1.854 \times \frac{F}{d^2}$$

حيث أن:

d: قطر الأثر (mm)

F: حمل الاختبار (Kg).

ويلاحظ أن اختلاف التحميل للعينة مع ثبوت الهرم الماسي في كل حالة لا يؤثر في اختلاف قيمة رقم فيكرز للصلادة حيث أن التجارب المتعددة أثبتت أن رقم فيكرز ثابت للمعدن الواحد مهما اختلفت الأحمال المؤثرة كما هو موضح في شكل رقم ٦١.



شكل رقم ٦١: اختلاف التحميل مع ثبات الهرم الماسي في اختبار صلادة فيكرز لا يؤثر على قيمة الصلادة.

ويلاحظ أن استخدام هرم من الماس صغير ودقيق الحجم يجعل من الممكن تحديد صلادة المعادن لعينات رقيقة السمك وذلك حتى سمك قدره 0.01 mm.

في حالة اختبار برينل أو فيكرز، إذا كان سطح العينة الخاضعة للاختبار مقوساً أو يوجد به اعوجاج أو كان شكل الإثر بيضاوي (في حالة طريقة برينل) يتوجب في هذه الحالة أخذ القيمة المتوسطة لقطر الأثر باستخدام العلاقة التالية:



$$d = (d_1 + d_2) / 2$$

مزايا استخدام طريقة فيكرز لاختبار صلادة العلامة للمعادن:

١. يعطى قيم دقيقة لرقم الصلادة.
٢. الأحمال المؤثرة صغيرة إذا ما قورنت بالأحمال المؤثرة في اختبار برينل.
٣. يمكن استخدامه لتحديد صلادة المعادن شديدة الصلادة نظراً لاستخدام الهرم الماسي ذو الصلادة الأعلى بين المعادن.
٤. يمكن استخدامه لتحديد صلادة المعادن الرقيقة السمك والتي لا يصلح لها اختبار برينل.

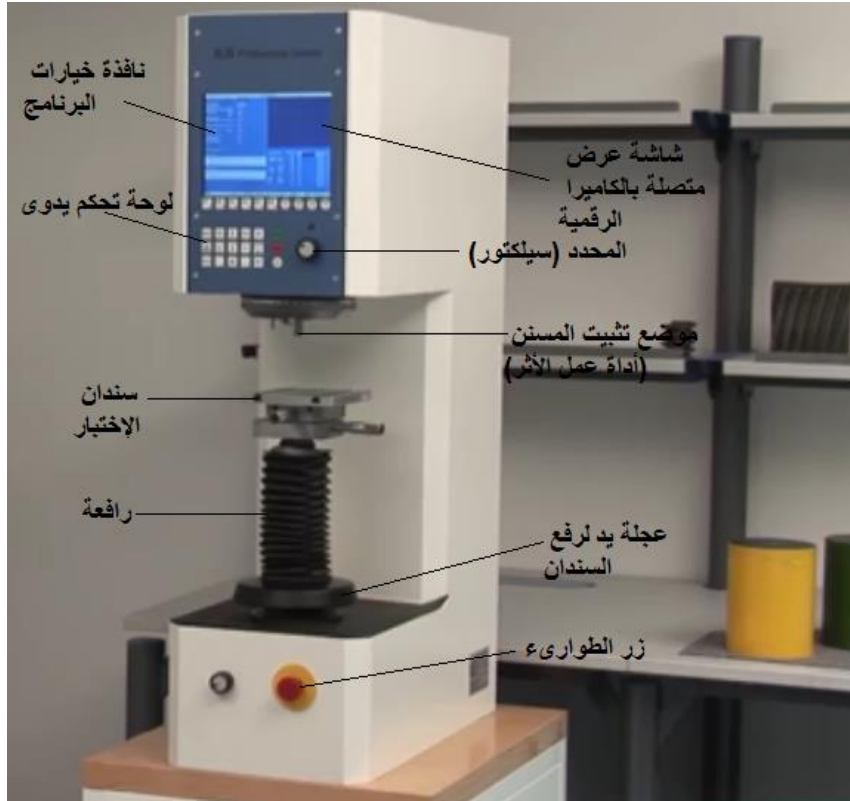
ج- شرح مكونات وطريقة عمل جهاز برينل و فيكرز:

يوضح شكل رقم ٦٢ ماكينة الاختبار العامة للصلادة حيث تحتوى على سندان لتثبيت عينة الاختبار ويرتكز هذا السندان على رافعة يتم التحكم بها بعجلة يد لضبط ارتفاع العينة بالنسبة للمسنن كما يحتوى الجهاز أيضاً على محور يحوى كلا من موضع تثبيت المسنن والميكروسكوب ذو الكاميرا الرقمية كما هو موضح في شكل رقم ٦٣ ويوجد أيضاً بواجهة الجهاز لوحة تحكم يدوى ومحدد (Selector) لضبط إعدادات البرنامج ويوجد أيضاً شاشة متصلة بالميكروسكوب ذو الكاميرا الرقمية ويلحق بالجهاز أيضاً حقيبة تحوى مجموعة من المسننات يتم الاختيار بينها حسب نوعية العينة الخاضعة للاختبار.

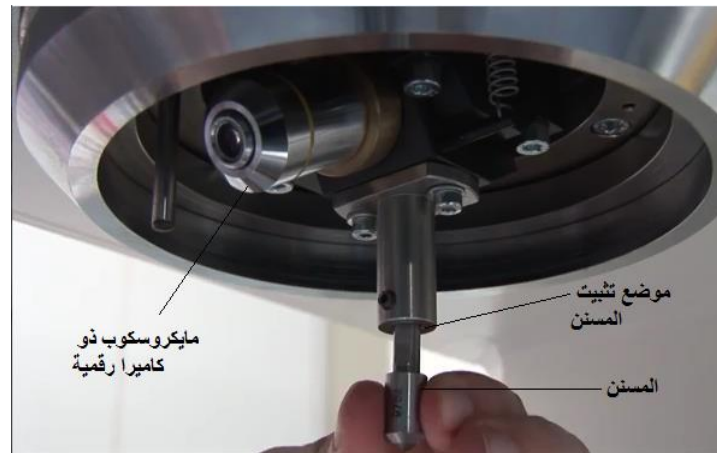
وتحتوي المسننات الخاصة باختبار برينل في نهايتها على كرة من الصلب الصلد تسمى كرة برينل والتي يجب أن يكون سطحها دائما أملس بحيث يجب بعد كل اختبار التأكد من سلامتها وعدم انبعاجها أو حدوث تغير في قطرها وإلا أصبحت غير صالحة للاستعمال ويلزم استبدالها بأخرى أكبر منها، ويوضح جدول رقم ١٨ أقطار الكرات المستعملة في هذا اختبار برينل مع حدود السماح.

10	5	2	1	قطر كرة الاختبار (mm)
±0.0045	±0.004	±0.0035	±0.0025	حدود السماح (mm)

جدول رقم ١٨: أقطار الكرات المستعملة في هذا اختبار برينل مع حدود السماح



شكل رقم ٦٢: ماكينة اختبار الصلادة بطريقة برينل Brinell



شكل رقم ٦٣: محور تثبيت المسنن



توجد ثلاثة أنواع لاختبار صلادة العلامة القياسية للمعادن هي: اختبار برينل "Brinell" – اختبار فيكر "Vicker" – اختبار روك ويل "Rockwell"، وسنكتفي في هذا الجزء بحساب صلادة العلامة للمعدن باستخدام كل من اختباري برينل وفيكر.

ح- العلاقة بين رقم برينل للصلادة وبين مقاومة الشد للمعادن:

استطاع العالم برينل أن يثبت عمليا أن هناك علاقة تقريبية بين رقم برينل للصلادة ومقاومة الشد مما يفيد في معرفة مقاومة المعادن للشد دون الحاجة إلى إجراء اختبار متلف عليها:

$$\sigma_{UTS} \left(\frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2} \right) = \text{B. H. N.} \times 0.36$$

$$\sigma_{UTS} \left(\frac{\text{Ton}}{\text{in.}^2} \right) = \text{B. H. N.} \times 0.22$$

$$\sigma_{UTS} \left(\frac{\text{lb}_m}{\text{in.}^2} \right) = \text{B. H. N.} \times 500$$

حيث أن:

σ_{UTS} : مقاومة الشد بوحدات الـ Ton: طن و in: بوصة و lb_m : باوند.

خطوات تنفيذ التدريب

العينات المستخدمة في اختبار الصلادة



شكل رقم ٦٥: عينات مربعة ودائرية الشكل من الحديد الطري والحديد الزهر والنحاس الأحمر والأصفر.



شكل رقم ٦٤: جهاز الشاحن الجبري "Turbocharger"

أولاً: اختبار برينل للصلادة

الاحتياطات اللازمة عند إجراء اختبار برينل:

1. يجب ألا يقل سمك قطعة الاختبار عن عشرة أمثال عمق الأثر "h" حتى لا يظهر أي انبعاج للسطح الخلفي لقطعة الاختبار نتيجة ضغط الحمل عليها.

$$h = \frac{F}{\pi \times D \times "B.H.N"}$$

حيث أن:

h: هو عمق الأثر (mm)

D: هو قطر كرة برنل (mm).

F: هو حمل الاختبار (Kg)

B.H.N: رقم برنل.

٢. يجب أن يكون سطح قطعة الاختبار مصقولا وخاليا من الشحم والزيت حتى لا نتمكن من قياس قطر أثر كرة برنيل بمقياس دقته 0.01 mm.

٣. يجب ألا تقل المسافة بين مركز كرة برنيل وحافة قطعة الاختبار عن مرتين ونصف قطر الأثر وألا تقل المسافة بين مركزي أثرتين متجاورين عن أربعة أمثال قطر الأثر.

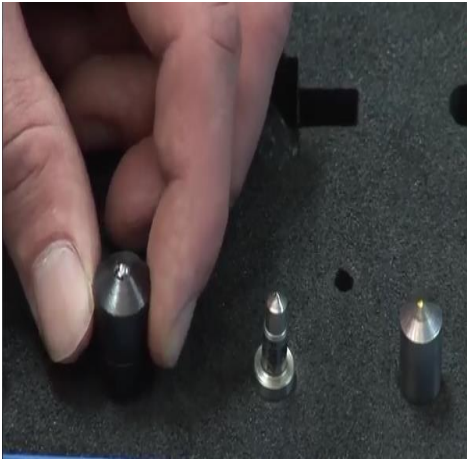
الحالات التي تؤدي إلى الخطأ في نتائج اختبار برنيل:

تعتبر النتائج التي نحصل عليها من اختبار برنل غير صحيحة في الحالات الآتية:

١. إذا كان المعدن الخاضع للاختبار شديد الصلادة بحيث يغير من شكل سطح كرة برنل ولا يحدث العلامة أو الأثر المطلوب.
٢. إذا حدث انبعاج في سطح المعدن الخاضع للاختبار وظهر أثر الانبعاج على الجانب الآخر لعينة الاختبار
٣. إذا كانت العينة الخاضعة للاختبار مصلده بالتغليف وكان عمق الأثر الحادث أكبر من سمك الطبقة المصلده حيث أنه في هذه الحالة لا يمثل رقم برنيل للصلادة صلادة الجزء المصلد.

خطوات التجربة (لاختبار برنيل للصلادة):

	
<p>٢. غير المسنن الموجود بالجهاز لتركيب مسنن آخر مناسب لعينة الاختبار</p>	<p>١. استخدام المحدد ولوحة التحكم لاختيار طريقة الاختبار وإعدادات البرنامج</p>



٣. اختر مسنن مناسب من حقيبة الاختبار



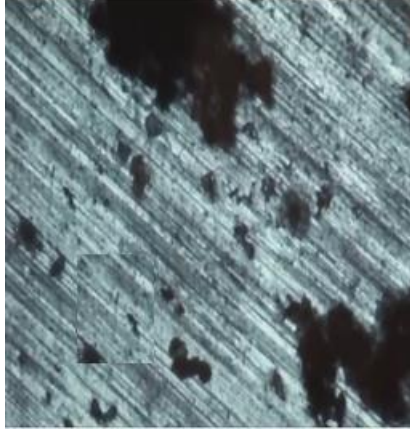
٥. لف عجلة اليد لرفع سندان تثبيت العينة ليكون في وضع مناسب لكلا من الميكروسكوب والمسنن

٤. ركب المسنن الذي تم اختياره بالجهاز



٧. استبدال ميكروسكوب الطول مكان المسنن حيث يوجد معه على نفس المحور

٦. ضع العينة (الشاحن الجبري) على السندان أسفل المسنن لنبدأ الاختبار



٨. اضبط ارتفاع عينة الاختبار حتى يصبح سطح العينة في متناول رؤية الكاميرا الرقمية وتظهر صورة سطح العينة على الشاشة بوضوح



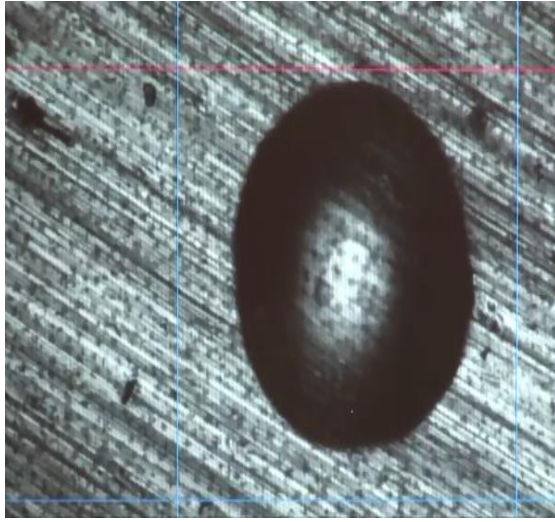
١٠. تقوم ماكينة الاختبار أوتوماتيكيا بلف المسنن والميكروسكوب ذو الكاميرا ليصبح المسنن مكان الميكروسكوب

٩. اضغط على زر البدا بشاشة التحكم لبيدأ الاختبار

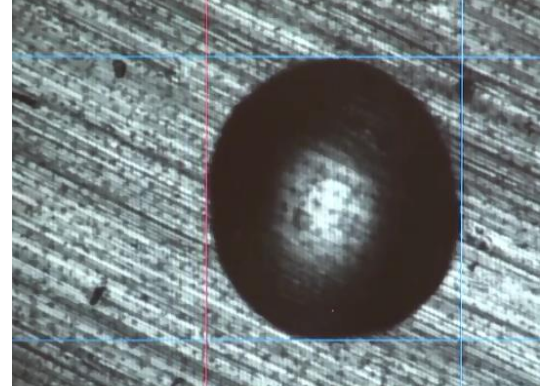
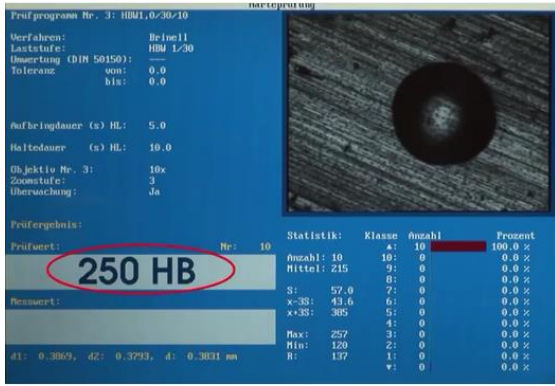


١٢. بيتعد المسنن بعد أن يقوم بعمل الأثر اللازم بالعينة عن سطح العينة وتستبدله الماكينة أوتوماتيكيا بالميكروسكوب ذو الكاميرا الرقمي

١١. تتحرك ماكينة الاختبار بالضغط التدريجي على العينة لتصنع أثرا بها (يجب ألا تقل فترة التحميل عن ١٥ ثانية في حالة التحكم اليدوي)



١٣. يظهر الأثر الموجود على شاشة الجهاز ويختار الطالب بواسطة المحدد وضعية قياس قطر الأثر



١٥. يقوم الجهاز بحساب قيمة رقم برنل للصلادة

١٤. يبدأ الجهاز بقياس قطر الأثر

لـ يفضل إجراء أكثر من اختبار على القطعة الواحدة وأخذ متوسط النتائج وذلك كلما سمحت قطعة الاختبار بذلك
لـ يقوم الطالب باختيار عينة من عينات المعادن الأخرى التي سبق ذكرها وتطبيق نفس الخطوات لقياس صلابتها.



تسجيل النواتج

يقوم الطالب بتسجيل النتائج التي حصل عليها من برنامج ماكينة الاختبار ويملى الجدول التالي.

رقم برينل لصلادة "B.H.N"	المتوسط قطر الأثر $\frac{D1+D2}{2} =$	قطر الأثر الثاني "D2" mm	قطر الأثر الأول "D1" mm	مقدار الحمل (F) Kg	مقدار الثابت (F/D2)	قطر كرة المسنن المستخدم mm	نوع العينة المستخدمة
							عينة الشاحن الجبري
							عينة الحديد الطري "مادة مطيلة"
							عينة نحاس أصفر (نصف مطيلة)
							عينة حديد زهر (مادة قصبة)

جدول رقم ١٩

يقوم الطالب بمقارنة قيم برينل للصلادة للعينات المختلفة وأيضا مقارنة حجم الأثر الموجود بكل عينة ويناقد النتائج التي حصل عليها مع زملائه ثم يسجل كلا منهم استنتاجاته وما يشاهده في الجدول لتالي.

المشاهدات

.....

.....

.....

.....

.....

.....



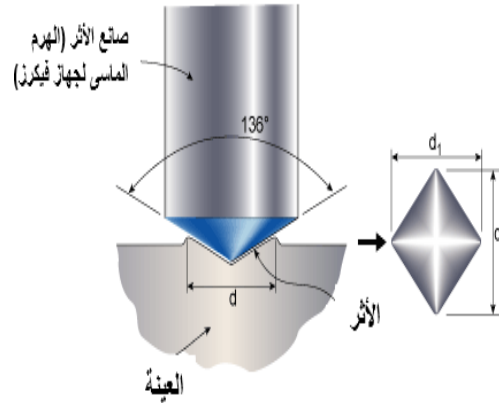
يقوم المدرب بمراجعة استنتاجات الطلاب ويناقشها معهم ثم يقوم بتوضيح الآتي:

خطوات تنفيذ التدريب

اختبار فيكرز للصلادة

الاحتياطات اللازمة عند إجراء اختبار فيكرز

1. يجب مراعاة أن المسنن المستخدم في اختبار فيكرز للصلادة يختلف عن مسنن برينل حيث ينتهي مسنن فيكرز بهرم ماسي دقيق له قاعدة مربعة ويتقاطع كل سطحين متقابلين لهذا الهرم على زاوية θ مقدارها 136° درجة. كما هو موضح شكل رقم ٦٦.



شكل رقم ٦٦: المسنن المستخدم في اختبار فيكرز للصلادة

2. يجب أن يكون سطح قطعة الاختبار مصقولا وخاليا من الشحم والزيت.
خطوات التجربة (لاختبار فيكرز للصلادة):



2. تغيير المسنن الموجود بالجهاز لتركيب مسنن فيكرز لاختبار الصلادة



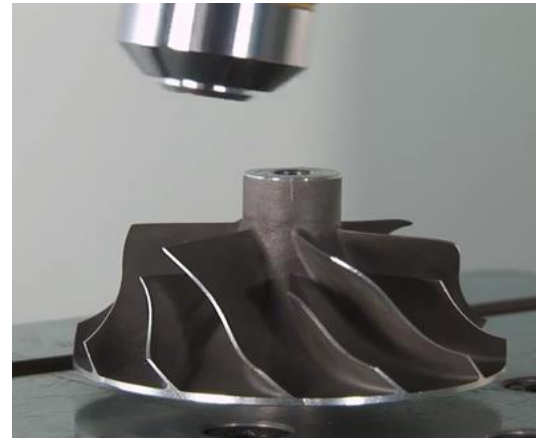
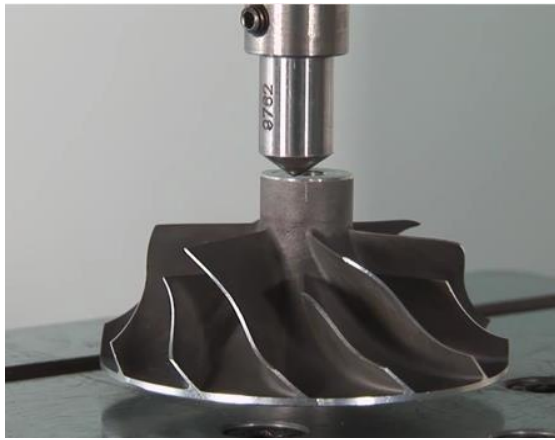
1. استخدام المحدد ولوحة التحكم لاختبار طريقة الاختبار وإعدادات البرنامج

	
<p>٣. قم بإحضار مسنن فيكرز من حقيبة الاختبار</p>	

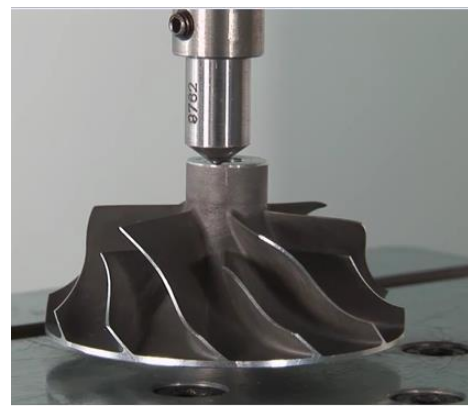
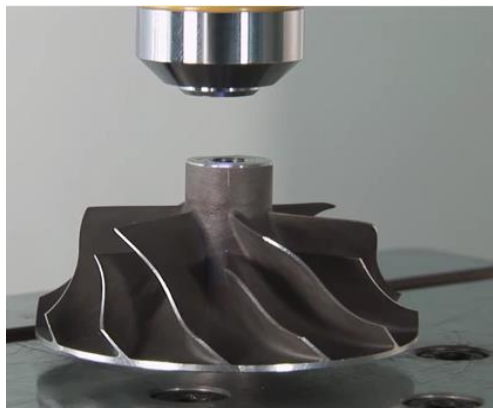


٩. اضغط على زر البدء الموجود بالجهاز لبدأ الاختبار

٨. لاحظ صورة سطح العينة على شاشة الجهاز وتأكد من وضوح صورة سطح العينة


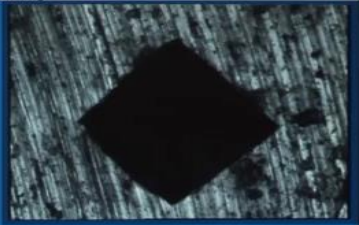


١٠. يقوم الجهاز أوتوماتيكيا بعد الضغط على زر البدء، باستبدال الميكروسكوب ذو الكاميرا الرقمية بالمسنن لبدء الاختبار



١٢. يستبدله الجهاز أوتوماتيكيا المسنن بعد انتهاءه من عمل الأثر بالميكروسكوب ذو الكاميرا الرقمية لقياس أبعاد الأثر

١١. يبدأ الجهاز بالتحميل التدريجي على العينة (يجب ألا تقل فترة التحميل عن ١٥ ثانية في حالة التحكم اليدوي)

																																																					
<p>١٤. اضغط على زر الإدخال الموجود بلوحة التحكم لحساب رقم فيكرز للصلادة</p>	<p>١٣. يقوم الجهاز بقياس أبعاد الأثر ذو الشكل الهرمي.</p>																																																				
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div data-bbox="443 792 794 1205"> <pre> Prüfprogramm Nr. 1: HV10 Verfahren: Vickers Laststufe: HV 10 Umsetzung (DIN 50150): Toleranz: von: 0.0 bis: 0.0 Korrektur: Krümmungsradius R (mm): 0.00 Aufbringdauer (s) HL: 5.0 Haltdauer (s) HL: 10.0 Objektiv Nr. 3: 10x Zoomstufe: 5 Überwachung: Ja Prüfergebnis: Prüfwert: Nr.: 62 125 HV Messwert: d1: 0.3893, d2: 0.3825, d: 0.3859 mm </pre> </div> <div data-bbox="801 792 1161 1205">  <table border="1" data-bbox="801 1025 1161 1205"> <thead> <tr> <th>Statistik:</th> <th>Klasse</th> <th>Anzahl</th> <th>Prozent</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A:</td> <td>4:</td> <td>62</td> <td>100.0 %</td> </tr> <tr> <td>Anzahl:</td> <td>10:</td> <td>0</td> <td>0.0 %</td> </tr> <tr> <td>Mittel:</td> <td>3:</td> <td>0</td> <td>0.0 %</td> </tr> <tr> <td>S:</td> <td>8:</td> <td>0</td> <td>0.0 %</td> </tr> <tr> <td>x-3S:</td> <td>7:</td> <td>0</td> <td>0.0 %</td> </tr> <tr> <td>x-3S:</td> <td>6:</td> <td>0</td> <td>0.0 %</td> </tr> <tr> <td>x+3S:</td> <td>5:</td> <td>0</td> <td>0.0 %</td> </tr> <tr> <td>Max:</td> <td>4:</td> <td>0</td> <td>0.0 %</td> </tr> <tr> <td>Min:</td> <td>3:</td> <td>0</td> <td>0.0 %</td> </tr> <tr> <td>R:</td> <td>2:</td> <td>0</td> <td>0.0 %</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1:</td> <td>0</td> <td>0.0 %</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0:</td> <td>0</td> <td>0.0 %</td> </tr> </tbody> </table> </div> </div> <p>١٥. يقوم الجهاز بحساب رقم فيكرز للصلادة أوتوماتيكيا وإظهاره على الشاشة</p>		Statistik:	Klasse	Anzahl	Prozent	A:	4:	62	100.0 %	Anzahl:	10:	0	0.0 %	Mittel:	3:	0	0.0 %	S:	8:	0	0.0 %	x-3S:	7:	0	0.0 %	x-3S:	6:	0	0.0 %	x+3S:	5:	0	0.0 %	Max:	4:	0	0.0 %	Min:	3:	0	0.0 %	R:	2:	0	0.0 %		1:	0	0.0 %		0:	0	0.0 %
Statistik:	Klasse	Anzahl	Prozent																																																		
A:	4:	62	100.0 %																																																		
Anzahl:	10:	0	0.0 %																																																		
Mittel:	3:	0	0.0 %																																																		
S:	8:	0	0.0 %																																																		
x-3S:	7:	0	0.0 %																																																		
x-3S:	6:	0	0.0 %																																																		
x+3S:	5:	0	0.0 %																																																		
Max:	4:	0	0.0 %																																																		
Min:	3:	0	0.0 %																																																		
R:	2:	0	0.0 %																																																		
	1:	0	0.0 %																																																		
	0:	0	0.0 %																																																		

لـ يفضل إجراء أكثر من اختبار على القطعة الواحدة وأخذ متوسط النتائج وذلك كلما سمحت قطعة الاختبار بذلك.

لـ يقوم الطالب باختيار عينة من عينات المعادن الأخرى التي سبق ذكرها وتطبيق نفس الخطوات لقياس صلابتها.



تسجيل النتائج

يقوم الطالب بتسجيل النتائج التي حصل عليها من برنامج ماكينة الاختبار ويملى الجدول التالي.

رقم فيكرز لصلادة "V.H.N"	قطر الأثر المتوسط $\frac{D1+D2}{2}$ mm	قطر الأثر الثاني "D2" mm	قطر الأثر الأول "D1" mm	مقدار حمل الاختبار (F) Kg	نوع العينة المستخدمة
					القرص – الدوار للشاحن الجبري
					الحديد الطري "مادة مطيعة"
					نحاس أصفر (نصف مطيعة)
					حديد زهر (مادة قصفة)

جدول رقم ٢٠

يقوم الطالب بمقارنة قيم فيكرز للصلادة للعينات المختلفة وأيضا مقارنة حجم الأثر الموجود بكل عينة ويناقدش النتائج التي حصل عليها مع زملائه ثم يسجل كلا منهم استنتاجاته.

يقوم الطالب بمقارنة قيم فيكرز للصلادة مع قيم برينل للصلادة التي حصل عليها من التجربة السابقة لنفس نوع العينة وأيضا مقارنة حجم الأثر الحادث في كل عينة من التجريبتين ويناقدش النتائج التي حصل عليها مع زملائه ثم يسجل كلا منهم استنتاجاته وملاحظاته على دقة كل اختبار في جدول المشاهدات.

المشاهدات



يقوم المدرب بمراجعة استنتاجات الطلاب ويناقشها معهم ثم يقوم بتوضيح الآتي:

تقييم الأداء

ملاحظات	تحقق		معايير الأداء	م
	لا	نعم		
			يلتزم بإجراءات الأمان والسلامة بنسبة عالية.	١
			يتعاون بين الطلبة لإنجاز الشغل المطلوب	٢
			ينفذ تعليمات المشرف المسؤول	٣
			ينجز التجربة بالوقت المطلوب	٤
			يقيس رقم برينل للصلادة بدقة	٥
			يقيس رقم فيكرز للصلادة بدقة	٦
			يقيس الأثر بشكل سليم	٧
			يرتب مكان العمل ويعيد الماكينة لحالتها الأصلية	٨

توقيع المدرب

الاسم: التوقيع: التاريخ:

الاختبار العملي

في نهاية التدريب العملي يعطى المتدرب:

للمجموعة من ثلاثة عينات مختلفة تم عمل اختبار الضغط لها سابقا.

ينبغي أن يكون المتدرب قادرا على أن يقوم بالآتي في زمن ١٠ دقائق:

للمتميز بين شكل العينات بعد انتهاء الاختبار وتحديد نوعها، بمعنى مادة مطيلة Ductile أو نصف مطيلة Semi-ductile أو هاشة/قصفة (Brittle) في دقيقتين وقياس زاوية الكسر للصنفين الثاني والثالث.

للمهل تتساوى حدود إجهاد الخضوع σ_y الأجهاد الأقصى σ_u في اختباري الشد والانضغاط للمواد المطيلية وما هو الحال بالنسبة للمواد القصفة؟ وما أهمية معرفة ذلك بالنسبة للفنيين والمهندسين العاملين بالمهن الميكانيكية.

في نهاية التدريب العملي يعطى المتدرب:

- لل مجموعة من ثلاثة عينات لها خصائص مختلفة لاختبار الصلادة.
- ينبغي أن يكون المتدرب قادرا على أن يقوم بالاتي في زمن ٣٠ دقيقة:
- لل إجراء اختبار الصلادة على أحد العينات المتاحة
- لل ما هي الأهمية الهندسية من معرفة صلادة المعدن؟

اختبار الصدم Impact test

تدريب رقم	٥	الزمن	٨ ساعات
-----------	---	-------	---------

أهداف

- قياس مقاومة المواد المختلفة للتصدع والكسر تحت تأثير قوى الصدم.
- معرفة أهمية اختبار الصدم للمواد.
- معرفة الأنواع المختلف لاختبار الصدم.
- زيادة قدرة الطالب على استنباط الخصائص الميكانيكية للمواد من اختبارات المواد المختلفة.

الاحتياطات والأمان

- ارتداء نظارة واقية.
- ارتداء القفازات اليدوية.
- يجب عدم الاقتراب من العينة أثناء إجراء الاختبار.
- التأكد من إحكام تثبيت العينة في ماكينة اختبار الصدم قبل التحميل عليها.
- إعلام الطلاب بمكان زر الطوارئ الموجود بالماكينة.

متطلبات التدريب

العدد والأدوات	المواد والخامات
جهاز تشاربي Charpy لاختبار الصدم.	عينات "تشاربي" القياسية لاختبار الصدم من الحديد الطري والنحاس الأصفر والحديد الزهر
قدمة ذات ورنية	

جدول رقم ٢١

المعارف المرتبطة بالتدريب

كما ذكر سابقا في هذه الوحدة، أن خاصية المتانة هي الخاصية التي تمكن المادة من مقاومة الصدمات والإجهادات وأن تتشكل دون كسر، وأنها تعبر عن قدرة المادة على مقاومة الصدمات وامتصاص الطاقة الميكانيكية. ويوضح شكل رقم ٦٧ تأثير الصدمات على المواد المختلفة.



شكل رقم ٦٧: تأثير قوى الصدم على المواد المختلفة.

ونظرا لأهمية متانة المادة كان لزاما عمل اختبار يقيس هذه الخاصية الهامة للمواد، فكان اختبار "الصدم"؛ وهو عبارة عن اختبار يتم إجرائه على عينة من المادة المراد قياس خاصية المتانة لها عن طريق التأثير عليها بقوة صدم "حمل الصدم" بواسطة كتلة كبيرة نسبيا ومتحركة ويتم التأثير أو التحميل على العينة بطريقة فجائية لذا فهذا الاختبار يستغرق فترة قصيرة جدا من الزمن.

لذا يمكننا القول بأن اختبار الصدم يبين مدى مقاومة المادة للانهياب عند تعرضها لقوى صدم تحت ظروف التشغيل لأن بالتأكد امتصاص المادة للطاقة عند الصدم يؤثر بشكل مباشر على سلوكها وعلى متانتها.

اختبارات الصدم:

لـ يوجد نوعين أساسيين من اختبارات الصدم هما؛

○ اختبار البندول (Pendulum Test).

○ اختبار إسقاط الوزن (Drop Weight Test).

لـ واختبار البندول هو الأكثر انتشارا وتداولاً ويوجد منه ثلاثة أنواع من الاختبارات وهم؛

○ اختبار تشاربي (Charpy Test).

○ اختبار أيزود (Izod Test).

○ اختبار الشد التصادمي (Tensile Impact Test).

ويعد اختباري " تشاربي " و " أيزود " هما الأشهر والأكثر استعمالاً. وسوف نركز على اختبار تشاربي للصدم في هذه الوحدة.

شرح مكونات وطريقة عمل الجهاز:

يوضح شكل رقم ٦٨ ماكينة اختبار الصدم، وهو الشكل العام والأكثر انتشاراً لماكينات اختبار الصدم،

حيث تتكون ماكينات اختبار الصدم من أجزاء رئيسية لا غنى عنها وهي كما يلي:

١. ذراع المطرقة؛ وهو عبارة عن ذراع/قضيب طويل أحد طرفيه مثبت بالماكينة بوصلات تسمح له بالدوران والطرف الآخر حر وتثبت به كتلة تسمى المطرقة.

٢. المطرقة؛ وهي عبارة عن الكتلة التي تثبت في نهاية ذراع المطرقة.
 ٣. ذراع التحكم؛ ويستخدم للتحكم في حركة ذراع المطرقة.
 ٤. قرص مدرج؛ ويثبت به مؤشر احتكاك ليظهر مقدار الطاقة المبذولة لصدم العينة.
 ٥. سندان؛ وهو المستوى الذي تثبت به العينة الخاضعة للاختبار.
 ٦. قاعدة الماكينة؛ وهي القاعدة التي تحمل برج الصدم والذي يثبت به ذراع المطرقة ويثبت عليها أيضا السندان الذي توضع به عينة الاختبار.
- ويتم اختيار وتثبيت العينة في الجهاز حسب الطريقة المتبعة في الاختبار حيث تختلف طريقة تثبيت العينة في سندان الجهاز في اختبار تشارلي للصدم عن طريقة التثبيت في اختبار أيزود للصدم، وبعد التثبيت يصفر المؤشر الموجود بالقرص المدرج ثم يسمح لذراع المطرقة بالحركة.



شكل رقم ٦٨: جهاز اختبار الصدم

القوانين الأساسية

طاقة الصدم:

وهي الطاقة اللازمة لتصديع أو كسر العينة. ولحساب طاقة الصدم سنقوم بإهمال الفقد في الطاقة الذي ينتج من الأسباب التالية:

١. مقاومة الهواء للبندول نتيجة حركته من أعلى لأسفل.
٢. مقاومة احتكاك المؤشر أثناء حركته لإعطاء قراءة القياس.
٣. الاحتكاك الموجود في وصلات الدوران (رولمان البلى) لحركة البندول.
٤. وبذلك تكون قيمة الطاقة الممتصة في كسر العينة "طاقة الصدم" هي الفرق بين الطاقة الابتدائية في البندول قبل الكسر وطاقته بعد الكسر. كما هو موضح في العلاقة التالية؛

$$W = E_1 - E_2$$

٥. طاقة الوضع في البندول في الحالة الابتدائية = $m \times g \times H_0$
٦. طاقة الوضع في البندول بعد الكسر = $m \times g \times H$
٧. وبالتعويض في المعادلة التالية تصبح طاقة التصادم تساوى؛

$$W = m \times g \times H_0 - m \times g \times H = m \times g \times (H_0 - H)$$

وتكون وحدة طاقة التصادم هي "N.m =Joule"

حيث أن:

- ⚡ E1: الطاقة الابتدائية للبندول.
- ⚡ E2: طاقة البندول بعد الكسر.
- ⚡ W: مقاومة الصدم (طاقة تصديع العينة)
- ⚡ H₀: ارتفاع مركز ثقل البندول في الحالة الابتدائية
- ⚡ H: ارتفاع مركز ثقل البندول بعد الكسر
- ⚡ m: هي كتلة البندول بوحدة "Kg"؛
- ⚡ g: عجلة جاذبية الكرة الأرضية تساوى "9.81 m/s²"

العوامل التي تؤثر نتائج اختبار الصدم

١- سرعة الصدم:

يجب العلم بأن هناك سرعة حرجة لصدم العينة بمطرقة البندول بحيث أنه عند بلوغ هذه السرعة تتناقص مقاومة الصدم سريعاً وتختلف هذه الظاهرة من مادة لأخرى حيث أنه في حالة الصلب الملدن "الذي يخضع

لعملية تخمير" تكون السرعة الحرجة أعلى عنه في حالة الصلب الذي يخضع لعملية تقسية "الصلب المصلد". ولكن يجب التنويه على أن أغلب ماكينات اختبار الصدم من "أيزود" و"تشارلي" تعمل بسرعة أقل من هذه السرعة الحرجة.

٢- حجم وشكل العينة:







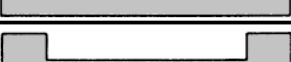
أثبتت التجارب أن حجم وشكل العينة لهما تأثيرا ملحوظا على النتائج التي نحصل عليها من الاختبار. وأهم المؤثرات في حجم وشكل العينة

٣- عرض العينة:

حيث أن إذا نقص عرض العينة المختبرة إلى ربع العرض القياسي في درجة حرارة الغرفة العادية فإن مقاومة العينة للصدم تتناسب مع قيمة المقاومة للعرض القياسي، بينما إذا أجريت التجربة خلال درجات حرارة منخفضة فقد وجد أن العينات ذات العرض الأقل تعطي مقاومة للصدم تصل إلى ثلاث مرات مقاومة الصدم لعينة قياسية.

٤- شكل الحز/النقر في سطح العينة:

أظهرت التجارب والاختبارات أن شكل الحز له تأثيره على النتائج حيث أن زاوية الحز يصبح لها تأثير إذا تعدت 60° إذ أن طاقة التصادم تزداد زيادة ملحوظة. ومن أجل هذا أوصت المواصفات القياسية أن تكون زاوية الحز/النقر 45° كما ذكرنا سابقا ويتضح ذلك في جدول رقم ٢٢.

زاوية النقر [°]	شكل العينة	قيمة تشاربي للصدم [J]
0		30.0
30		33.1
60		31.3
90		35.1
120		56.7
150		89.8
180		85.6

جدول رقم ٢٢: تأثير زاوية النقر على مقاومة الصدم لعينة من الصلب الطري ذات عمق نقر قدره 5 mm ونصف قطر الجذر 0.67.

٥- حدة جذر الحز/النقر:

أثبتت الاختبارات أيضا أن حدة جذر الحز/النقر لها تأثير ملحوظ على طاقة تصدع العينة نتيجة تركيز الإجهادات حيث كلما كان النقر حادا كانت قيمة تشاربي للصدم أقل ولذلك تم تحديد قطر جذر النقر بمقاييس على حسب المادة المختبرة. ويوضح جدول رقم ٢٣ تأثير نصف قطر جذر النقر على قيمة تشاربي للصدم.

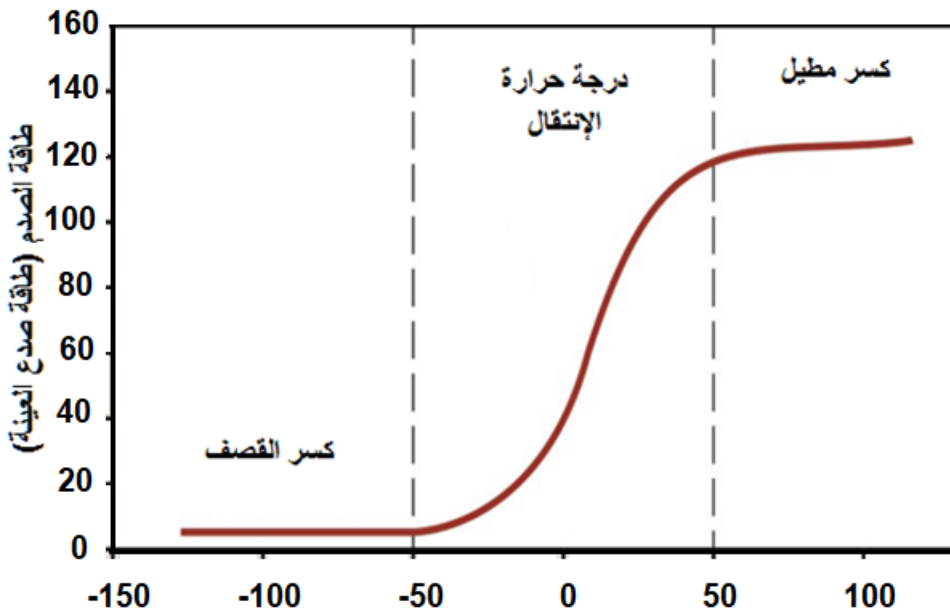
قيمة تشاربي للصدمة (J)	نصف قطر جذر النقر (mm)
5.4	حاد
9.5	0.17
11.3	0.34
18.6	0.68

جدول رقم ٢٣: تأثير نصف قطر جذر النقر على قيمة تشاربي للصدمة.

٦- درجة الحرارة:

للـ يوجد تأثير واضح لدرجة الحرارة على مقاومة الصدمة للعينات ذات الحز/النقر حيث يوضح شكل رقم ٦٩ بصورة عامة طبيعة تغير الطاقة المتسببة لصدع العينة في اختبار الصدمة بدلالة التغير في درجة الحرارة.

للـ حيث أنه بالنسبة لمادة ماء، أثناء اختبار معين وتحت درجة حرارة حرجة يكون الكسر قصفا مع نقص في مقدار الطاقة المفقودة. بينما في درجة حرارة أعلى من الحرجة يكون الكسر مطيلا وقد تكون الطاقة الممتصة أكبر عدة مرات من طاقة الكسر القصيف. وبين هذه الحدود من درجة الحرارة يكون مدى درجة حرارة انتقالي حيث يكون الكسر مختلطا.



شكل رقم ٦٩: تأثير تغير درجة الحرارة على طاقة الكسر في اختبار الصدمة للصلب الطري.

العينات القياسية في اختبار تشاربي

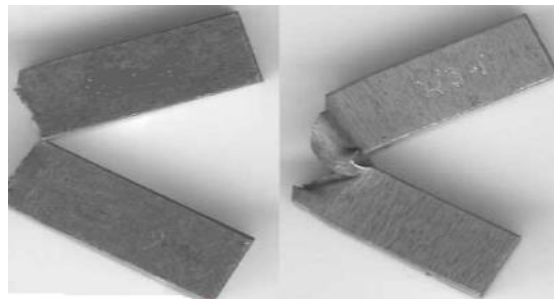
العينات القياسية المستخدمة في اختبار تشاربي للصدمة تكون عبارة عن متوازي أضلاع أبعاده هي 55×10×10 mm وله حز/نقر في منتصف طول متوازي الأضلاع. ويوضح شكل رقم ٧٠ صور لعينات تشاربي القياسية من الحديد الطري والنحاس الأصفر والحديد الزهر مع توضيح الأبعاد القياسية

العينات المستخدمة في اختبار تشاربي للصدمة		
عينات تشاربي القياسية من الحديد الزهر	عينات تشاربي القياسية من النحاس الأصفر	عينات تشاربي القياسية من الصلب الطري

شكل رقم ٧٠: العينات المستخدمة في اختبار تشاربي للصدمة

شكل الكسر للعينات:

أثناء اختبار "تشاربي" للصدمة يوضح شكل كسر العينة مدى خاصية المطيلية أو القسافة للمعدن المختبر حيث أن في حالة المعادن القصفة تنكسر العينة عند الحز وتكون مساحة الكسر مسطحة وعمودية على المحور الطولي للعينة. بينما في حالة المعادن المطيلة فتثنى العينة عند الكسر وغالبا لا تنفصل أو تنقسم العينة إلى جزئين. ويوضح شكل رقم ٧١ شكل كسر العينة في كلا من المعادن القصفة والمطيلة.



شكل الكسر لمعدن قصف

شكل الكسر لمعدن مطيل





شكل رقم ٧١: شكل الكسر للعينات في اختبار الصدمة

خطوات تنفيذ التدريب


الاحتياطات اللازمة عند إجراء اختبار تشاربي للصدم

١. التأكد من عدم وجود أحد بالقرب من اتجاه حركة المطرقة قبل بدء الاختبار.
٢. عدم الاقتراب من الجهاز قبل أن تتوقف المطرقة عن الحركة.
٣. يتأكد الطالب من أن لا شيء موجود في نطاق حركة ذراع المطرقة سوى العينة حتى لا يصطدم به أثناء الاختبار.

خطوات التجربة

	
<p>١. استخدام عجلة اليد لرفع ذراع المطرقة حتى وضع البدء</p>	
	
<p>٣. اطلق ذراع المطرقة ليدير بواسطة ذراع التحكم</p>	<p>٢. لف مؤشر المقاومة لأسفل حتى نهاية تدريج القرص</p>

	
<p>٥. احضر عينة من الصلب الطري لتبدأ بها الاختبار</p>	<p>٤. تأكد أن مؤشر المقاومة قد توقف عند صفر التدرج وهذا يعني أنه تم تلافى أو إلغاء مقاومة الاحتكاك وأن الماكينة الآن مستعدة للاختبار</p>
	
<p>٧. ثبت العينة بسندان الجهاز بحيث تتأكد من أن حز العينة في منتصف المسافة بين فكي سندان الجهاز</p>	<p>٦. ثبت العينة بالجهاز</p>

	
<p>٩. اطلق ذراع المطرقة ليتحرك بواسطة ذراع التحكم ليبدأ الاختبار</p>	<p>٨. لف مؤشر المقاومة لأسفل مرة أخرى حتى نهاية تدريج المؤشر</p>
	
<p>١١. لاحظ العينة ستنجد أنها لم تنقسم بالكامل إلى قطعتين لأنها مصنوعة من معدن مطيل</p>	<p>١٠. قم بقراء قيمة الطاقة بالجول التي يعطيها مؤشر المقاومة على القرص المدرج وسجلها بجدول النتائج لمقارنتها بقيم مقاومة العينات الأخرى</p>

١٢. احسب طاقة الصدم لكل عينة (عينة مطيلية، نصف مطيلية و صلدة) من المعادلة الآتية

$$\text{مقاومة الصدم للمعدن} = \frac{\text{الطاقة المبدولة لكسر قطعة الإختبار}}{\text{مساحة المقطع عند الحز}}$$

١٣. قارن قيم طاقة الصدم وشكل الكسر الموجود في كل عينة وقارن النتائج التي حصلت عليها مع زملائك ثم سجل استنتاجاتك وملاحظاتك بجدول المشاهدات مركزا على اختلاف قيمة طاقة الصدم وشكل الكسر.

تسجيل النواتج

سجل النتائج التي حصلت عليها من مؤشر المقاومة الموجود بالقرص المدرج للجهاز بالجدول التالي:

نوع معدن العينة	مقاس الحز	مساحة المقطع عند الحز m^2	درجة حرارة قطعة الاختبار	الطاقة القصوى للماكينة (جول)	الطاقة المبذولة لكسر العينة (قيمة تشاربي) (جول)
الحديد الطري					
نحاس أصفر					
الحديد الزهر					

جدول رقم ٢٤

المشاهدات

.....

.....

.....

.....

.....



تقييم الأداء

ملاحظات	تحقق		معايير الأداء	م
	لا	نعم		
			يلتزم بإجراءات الأمان والسلامة بنسبة عالية.	١
			يتعاون بين الطلبة لإنجاز الشغل المطلوب	٢
			ينفذ تعليمات المشرف المسؤول	٣
			ينجز التجربة بالوقت المطلوب	٤
			يقيس قيمة الطاقة التي يعطيها مؤشر المقاومة على القرص المدرج	٥
			يحسب مقاومة الصدم للمعدن	٦
			يقيس الحز بشكل سليم	٧
			يرتب مكان العمل و يعيد الماكينة لحالتها الأصلية	٨

جدول رقم ٢٥

توقيع المدرب

الاسم: التوقيع: التاريخ:

الاختبار العملي

في نهاية التدريب العملي يعطى المتدرب:

لمجموعة من ثلاثة عينات تم إجراء اختبار الصلادة لها سابقا.

ينبغي أن يكون المتدرب قادرا على أن يقوم بالاتي في زمن ٥ دقائق:

لم التمييز بين شكل العينات بعد انتهاء الاختبار وتحديد نوعها، بمعنى مادة مطيلة Ductile أو نصف

مطيلة Semi-ductile أو هاشة/قصفة (Brittle).

لم ما هي الأهمية الهندسية من معرفة إجهاد الصدم؟

اختبار الالتواء Torsion test			
٨ ساعات	الزمن	٦	تدريب رقم

أهداف

- دراسة الخواص الميكانيكية للمواد تحت تأثير عزم الالتواء (اللي).
- رسم منحنى إجهاد القص (τ) وانفعال القص (γ)
- تحديد معامل الجساءه (G) من المنحنى وهو المعامل المرادف لمعامل المرونة (E) في اختبار الشد
- تحديد إجهاد حد المرونة في التواء القص.
- تحديد معامل الرجوعية في الالتواء والمقاومة القصوى لقص الالتواء.
- رسم البياني للحمل والزاوية (أي بين عزم الالتواء M_t وزاوية الالتواء θ)
- زيادة قدرة الطالب على استنباط الخصائص الميكانيكية للمواد من الاختبارات

الاحتياطات والأمان

- ارتداء نظارة واقية.
- ارتداء القفازات اليدوية.
- يجب عدم الاقتراب من العينة أثناء إجراء الاختبار.
- التأكد من إحكام تثبيت العينة في ماكينة اختبار الالتواء قبل التحميل عليها.
- إعلام الطلاب بمكان زر الطوارئ الموجود بالماكينة.

متطلبات التدريب

العدد والأدوات	المواد والخامات
ماكينة اختبار الالتواء	عينات اختبار مطيلة (الصلب الطري) ونصف مطيلة (النحاس الأصفر) وقصفة (الحديد الزهر)
قدمه ذات ورنية	
مفتاح عزم	

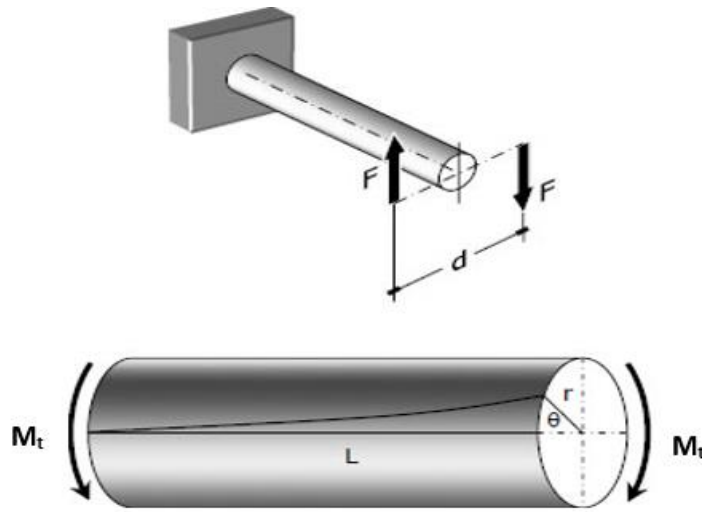
جدول رقم ٢٦

المعارف المرتبطة بالتدريب

توجد عملية الالتواء في كثير من التطبيقات في حياتنا اليومية فعلى سبيل المثال لا الحصر؛ تشغيل وقطع المشغولات الدائرية على ظرف المخرطة، ربط أو فك المسامير وكذلك عملية الدوران في محرك السيارة (عمود الإدارة - Crank Shaft) والأجزاء الدوارة في الماكينات والمنشأة والمحركات الكهربائية والمحركات التوربينية وغيرها ومن ثم يتبين لنا مدى أهمية اختبار الالتواء في مجال التشغيل والتصميم. فعندما تؤثر قوى على جسم بحيث تكون هذه القوى في مستوى عمودي على محور ذلك الجسم بشكل متوازي ومتعاكس يتولد نتيجة ذلك عزم (عزوم) يسبب اللي (Twist) حول المحور الطولي للجسم ويقال أن هذا الجسم معرض للالتواء (Torsion).

كما يمكن أن يحدث الالتواء إذا تعرض المقطع المستعرض لعمود أو قضيب إلى عزم التواء (M_t) وهو عزم يقع في نفس مستوى المقطع (أو موازي لمستوى القطاع) كما هو موضح في شكل رقم ٧٢. ويحسب هذا العزم من العلاقة التالية.

$$M_t = F \times d$$



شكل رقم ٧٢: عملية الالتواء.

اختبار قص الالتواء:

المواصفات القياسية لا تنص على إجراء اختبار الالتواء كاختبار قبول للمعادن إلا في حالات محددة وخاصة. وهذا لا يقلل أبداً من أهمية اختبار الالتواء فهو اختبار هام يجرى معملياً لبيان الخواص الميكانيكية للمواد في القص لأن الالتواء هو حالة قص خالص (Pure Shear). كما أن اختبار الالتواء يجرى أيضاً لمعرفة مدى مقاومة أجزاء الماكينات تحت تأثير الالتواء. ويستخدم اختبار الالتواء أيضاً لدراسة تأثير عمليات المعاملة الحرارية وخاصة الأجزاء المعرضة للعمليات التي تؤثر كثيراً على المعدن قرب السطح. ويتم اختبار المعدن بكامل مقاسه الطبيعي كما في حالة محور عجلات المركبات.

مخرجات اختبار الالتواء:

يتم عمل اختبار الالتواء للعديد من عينات المعادن المختلفة للحصول على مخرجات اختبار الالتواء وهي الخواص الميكانيكية في الالتواء

وبالتالي يكون من المعلومات التي نستطيع الحصول عليها من اختبار الالتواء؛

١. معيار الجساءة (معامل مرونة القص).

٢. مقاومة خضوع القص.

٣. مقاومة القص الظاهرية (معامل الكسر).

ويتم استخدام هذه البيانات والنتائج لحساب وتوضيح الخصائص الميكانيكية في القص (مخرجات الاختبار) للمعدن المختبر

القوانين الأساسية**المقاومة المرنة للقص:**

يرمز لإجهاد القص المرن لجميع المعادن ب (τ_e) ويتم حسابه من العلاقة التالية ؛

$$\tau_e = \frac{16 \times M_{te}}{\pi \times d^3}$$

المقاومة القصوى لقص الالتواء τ_{max} Ultimate Torsional Shear Strength

نظرا لأن تعيين قيمة إجهاد قص الالتواء معقد حسابيا ولتسهيل الحصول على النتائج العملية بسرعة فقد عملت معادلات نتيجة اختبارات عملية لتكون بنفس صورة معادلة إجهاد القص المرن. ولا تستند هذه المعادلات على أسس نظرية كالقص المرن وإنما على أسس نتائج عملية وهي كما يلي؛

للـ بالنسبة للمواد المطيلة تكون العلاقة كالتالي؛

$$\tau_{max} = \frac{12 \times M_t}{\pi \times d^3} = \frac{12 \times M_2}{\pi \times d^3}$$

للـ بالنسبة للمواد القصفة؛

$$\tau_{max} = \frac{14 \times M_t}{\pi \times d^3} = \frac{14 \times M_3}{\pi \times d^3}$$

معامل الجساءة "G" Modulus of rigidity:

للـ يعبر معامل الجساءة G عن صلابة المعدن، أي مقاومته للتشكل بتأثير القص فكلما زادت قيمته كلما زادت صلابة المعدن.

للـ قيمة ال $G =$ إجهاد القص / انفعال القص في حدود المرونة. ويتم حساب قيمة ال G من العلاقة التالية:

$$G = \frac{M_t \times L}{\theta \times J}$$

حيث أن:

↳ d: قطر العينة الخاضعة للاختبار

↳ L و J: هما أعداد ثابتة تعبر عن طول العينة و أبعاد مقطعها

↳ θ : زاوية الالتواء (يراعى أن توضع قيمة في المعادلة بالتقدير الدائري).

↳ M_{te} : عزم الالتواء عند حد المرونة كما في جدول رقم ٢٧ حيث فيه $M_{te}=M_1$

↳ τ_{max} : المقاومة القصوى لقص الالتواء Ultimate Torsional Shear Strength

المطيلية :Ductility

تتم مقارنة ممطولي المعادن عن طريق اختبار الالتواء بواسطة زاوية الالتواء القصوى θ_{max} فكلما كانت ذات قيمة كبيرة كلما كان المعدن أكثر ممطوليته حيث أن المواد المطيلة لها قدرة على الالتواء الكبير قبل الكسر في حين أن المواد القصفة تنكسر بتأثير الالتواء بزوايا صغيرة نسبياً.

الرجوعية :Resilience

يتم تعيين الرجوعية في الالتواء (Resilience in Torsion) من قيمة الطاقة التي قام بها الحمل المؤثر (حتى أقصى حمل مرن) عند مسار مسافة التشكل الحادث بالجسم ويساوى الحمل مضروباً في التشكل، حيث أن في حدود المرونة تصبح الرجوعية؛
الرجوعية = مساحة المثلث تحت الخط المستقيم بالمنحنى البياني للحمل والتشكل حتى حدود المرونة كما في جدول رقم ٢٧.

$$\text{الرجوعية} = \sum M_t \times \theta = \text{Resilience}$$

$$\text{الرجوعية} = \frac{1}{2} \times M_t \times \theta = \text{Resilience}$$

ويتم حساب معامل الرجوعية كالآتي؛


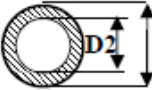
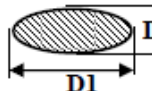
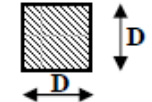
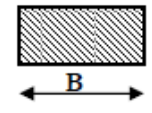
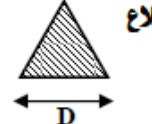
معامل الرجوعية "Modulus of Resilience" = الرجوعية / حجم العينة المختبرة.

$$\text{Modulus of Resilience} = \frac{\frac{1}{2} \times M_t \times \theta}{\text{حجم العينة}}$$

المتانة :Toughness

المتانة في الالتواء Toughness in Torsion هي عبارة عن مقدار أو قيمة طاقة الالتواء التي تم بذلها لكسر العينة الخاضعة للاختبار وهي تساوى المساحة الكلية تحت المنحنى البياني للحمل والتشكل.

نلاحظ أن كل العلاقات والحسابات السابقة تمت على أساس أن المقطع المستعرض للالتواء مستدير ولكن إذا كان المقطع له شكل مختلف كالمستدير الأجوف أو المربع أو المستطيل أو غيره من الأشكال الهندسية المختلفة، فحساب إجهاد الالتواء يتم حسب العلاقات الموجودة في جدول رقم ٢٧. مع مراعاة أن الرمز (T) هو نفسه عزم الالتواء (M_t) وأن الرمز (D) هو نفسه (d) قطر العينة.

إجهاد قص الالتواء الأقصى q_{max}	زاوية الالتواء θ	المقطع المستعرض
$q_{max} = \frac{16.T}{\pi D^3}$	$\theta = \frac{32}{\pi D^4} \cdot \frac{T.L}{G}$	دائري 
$q_{max} = \frac{16.D_1.T}{\pi(D_1^4 - D_2^4)}$	$\theta = \frac{32}{\pi(D_1^4 - D_2^4)} \cdot \frac{T.L}{G}$	دائري مجوف 
$q_{max} = \frac{16.T}{\pi D_1^3 \cdot D_2^3}$	$\theta = \frac{16(D_1^2 + D_2^2)}{\pi D_1^3 \cdot D_2^3} \cdot \frac{T.L}{G}$	قطع ناقص 
$q_{max} = \frac{4.8.T}{D^3}$	$\theta = \frac{7.11}{D^4} \cdot \frac{T.L}{G}$	مربع 
$q_{max} = \left(3 + \frac{1.8D}{D^3}\right) \cdot \frac{T}{B.D^2}$	$\theta = \frac{40}{B^2 D^4} \cdot \frac{T.L}{G}$	مستطيل $B > D$ $B < 6D$ 
$q_{max} = \frac{20T}{D^3}$	$\theta = \frac{40}{D^4} \cdot \frac{T.L}{G}$	مثلث متساوي الأضلاع 

جدول رقم ٢٧: العلاقات الخاصة بحساب إجهاد الالتواء الأقصى وزاوية الالتواء لبعض المقاطع المستعرضة

حالات عزم الالتواء:

توجد حالات مختلفة أو متنوعة من عزوم الالتواء:

عزم التواء يقوم بالتأثير على طرف حر لقضيب حر من أحد أطرافه أما طرفه الآخر فهو مثبت على شكل كابولي.

١. أن يكون هناك عزمي التواء مختلفين في المقدار ولكن لهما نفس اتجاه الدوران وفي هذه الحالة تكون قيمة عزم الالتواء المؤثرة الخالصة هي الفرق الموجب بين العزمين المؤثرين.
٢. وجود عزمي التواء متساويين في المقدار أحدهما عكس الآخر من حيث اتجاه التأثير.
٣. أن يتم تعريض العينة لقوتين متوازيتين ومتعاكستين في الاتجاه ولهما نفس المقدار وتبعد إحداها عن الأخرى مسافة معينة بحيث تقع كليهما في نفس مستوى المقطع المستعرض.
٤. أن تكون هناك قوة لا مركزية تؤثر على مستوى المقطع المستعرض للعينة وتبعد عن مركز المقطع مسافة معينة.

شرح مكونات وطريقة عمل الجهاز:

يتم تنفيذ اختبار الالتواء على ماكينة خاصة بالالتواء، وتمتاز ماكينات الالتواء بأن لها فكين تثبيت يتم تثبيت عينة الاختبار بينهما. وهذين الفكين أحدهما يتحرك حركة دائرية مسببا عزم الالتواء بعينة الاختبار أما الفك الثاني فهو مزود بثقل بندولي لموازنة عزم الالتواء المذكور (هناك ماكينات تستخدم طرق أخرى لموازنة عزم الالتواء). كما يوجد بالماكينة مقياس مدرج أو شاشة رقمية لبيان قيمة عزم الالتواء المؤثر به وأيضا مقياس أو شاشة رقمية لبيان الالتواء. ويوضح شكل رقم ٧٣ ماكينة اختبار الالتواء.



شكل رقم ٧٣: ماكينة اختبار الالتواء.

العينات المستخدمة في اختبار عزم الالتواء:

بالنسبة للعينات المستخدمة في اختبار الالتواء فلا توجد مواصفات قياسية محددة أو خاصة لشكل وأبعاد عينة اختبار الالتواء، ولكن غالبا ما تكون العينة أسطوانية الشكل أي أن مقطعها دائري الشكل.

ويجب أن نأخذ في اعتبارنا أن يكون قطر نهايتي العينة (D_1) المركبان في فكي ماكينة الاختبار أكبر من قطر مقطع عينة الاختبار (D_2) وذلك لضمان عدم حدوث كسر أو انهيار عند إحدى النهايتين وأن يحدث الكسر في جسم العينة المختبرة حتى نضمن صحة نتائج الاختبار.

كما يجب مراعاة أن تكون هناك تجاويرف بكلا من نهايتي العينة حتى يسهل تركيبها بفكي ماكينة الاختبار لترتكز عليهما العينة وغالبا ما يكون مقطع نهايات عينات اختبار الالتواء سداسي الشكل ليسهل تثبيته بين فكي ماكينة الاختبار.

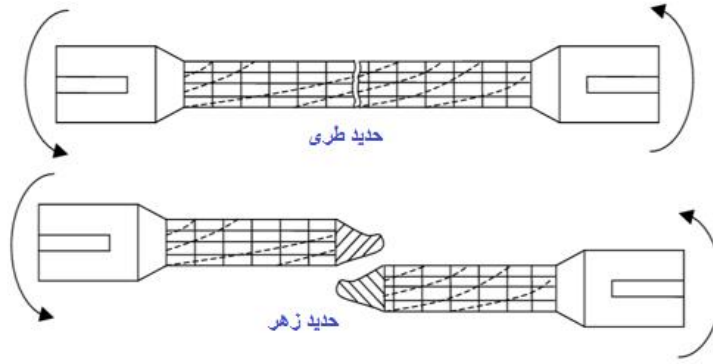
العينات المستخدمة في اختبار الالتواء		
عينات ذات نهاية مقطع سداسية الشكل من الحديد الزهر الرمادي.	عينات ذات نهاية مقطع سداسية الشكل من النحاس الأصفر.	عينات ذات نهاية مقطع سداسية الشكل من الصلب الطري.

شكل رقم ٧٤: العينات التي سيستخدمها الطالب في اختبار الالتواء

شكل الكسر في العينات المختبرة في الالتواء:

يحدث الكسر في حالة اختبار قص الالتواء للمعادن المطيلة في مستوى عمودي على محور العينة أي على مستوى موازي للمقطع المستعرض، كما في شكل رقم ٧٥. وذلك نتيجة تأثير قص الالتواء. لأن المعادن المطيلة ضعيفة في إجهاد القص عنها في حالة إجهاد الشد أو حتى إجهاد الضغط أي أن إجهاد القص هو المتحكم في مدى مقاومة هذه المعادن للكسر.

بينما في حالة المعادن القصفة يحدث كسرها أثناء اختبار قص الالتواء على شكل حلزوني ناتج من كسرها على مستويات تماس سطحها وتعمل 45° مع محور العينة الخاضعة للاختبار، كما في شكل رقم ٧٥. ويحدث هذا الكسر نتيجة تأثير إجهاد الشد الضلعي القطري حيث أن من خصائص المعادن القصفة أنها تكون ضعيفة في إجهاد الشد عنها في إجهاد القص أو إجهاد الضغط ولذلك إجهاد الشد هو الذي يتحكم في مدى مقاومة هذه المعادن للكسر.



شكل رقم ٧٥: أشكال كسر عينات من معادن مطيلة ومعادن قصفة في اختبار الالتواء

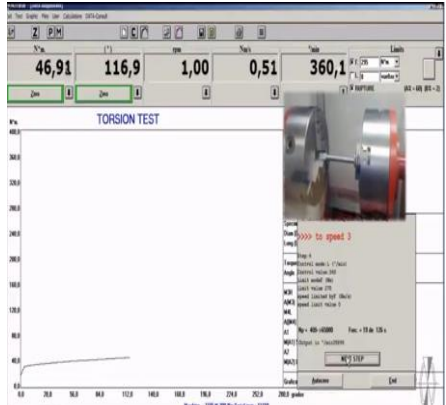
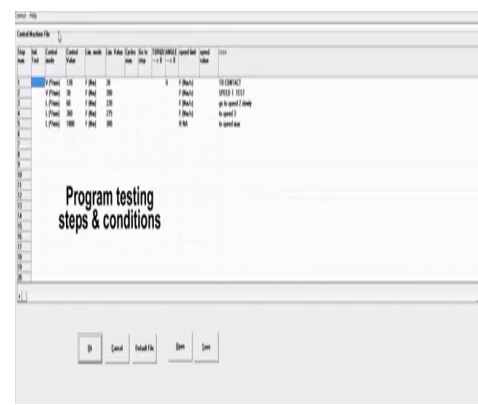
خطوات تنفيذ التدريب

1. يراعى احتياطات الأمان والسلامة داخل معمل اختبار المواد ومراعاة النقاط التالية:
 - للإبتداء من التأكد من عدم وجود أحد بالقرب من العينة قبل بدء الاختبار.
 - للإبتداء من الاقتراب من الجهاز قبل أن يتوقف الفكين عن الحركة.
2. قم بقياس أبعاد العينة وخصوصاً قطر المقطع المستعرض (D2) وذلك بالنسبة للعينات مستديرة المقطع.

<p>٤. هز العينة باليد بعد تثبيتها للتأكد من إحكام تثبيتها</p>	<p>٣. ركب عينة الصلب الطري في الفك الثابت للجهاز</p>

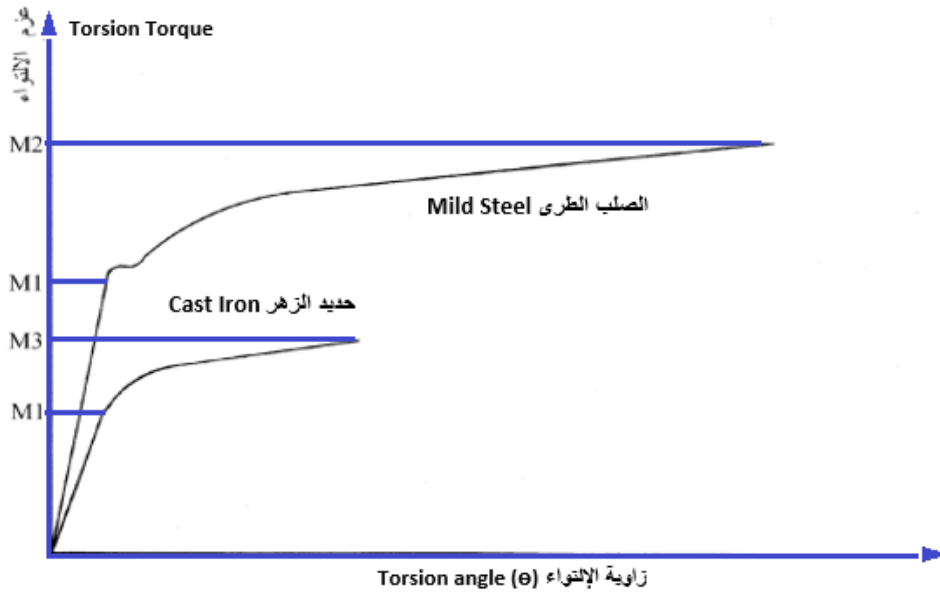
	
<p>٦. استخدام مفتاح العزم لإحكام ربط الفك المتحرك للعينة</p>	<p>٥. حريك الفك الأخر المتحرك في اتجاه الطرف الحر للعينة</p>
	
<p>٨. اربط مفتاح إحكام الوضع الأفقي لتقليل الاهتزاز أثناء إجراء التجربة</p>	<p>٧. اربط الفك الثابت</p>
	
<p>١٠. شغل الماكينة مع مراعاة زيادة سرعة الدوران تدريجيا وببطيء حتى تحصل على عزم دوران ابتدائي قريب من الصفر</p>	<p>٩. اغلق باب الحماية قبل التشغيل</p>

١١. قم بزيادة عزم الالتواء (Mt) تدريجياً بعد تثبيت العينة بفكي ماكينة الاختبار ابتداء من الصفر إلى أن تنكسر العينة
١٢. سجل القيم التدريجية لعزم الالتواء وزاوية الالتواء (θ) المقابلة لها بجدول النتائج.
١٣. استمر في عمل الزيادة التدريجية لعزم الالتواء حتى تنكسر العينة .

	
<p>١٥. لاحظ قيام البرنامج برسم علاقة بين العزم وزاوية الالتواء في جسم العينة أثناء الاختبار</p>	<p>١٤. شغل البرنامج الخاص بالماكينة لمراقبة وتسجيل سلوك العينة أثناء الاختبار</p>

جدول رقم ٢٩

١٦. استخدم هذه البيانات لعمل الرسم البياني للحمل والتشكيل (أي بين عزم الالتواء " Mt " وزاوية الالتواء " θ " كما هو موضح في شكل رقم ٧٦.
١٧. انزع عينة الاختبار بعد الكسر مع ملاحظة شكل الكسر وتسجيل الملاحظات في جدول المشاهدات
١٨. كرر الخطوات من ١: ١٥ بالنسبة لكلا من عينات النحاس الأصفر (عينة نصف مطيلية) والحديد الزهر (عينة قصفه) وسجل النتائج في جدول النتائج.
١٩. ارسم المنحنى الخاص بالحمل والتشكيل لكل عينة من العينات الثلاث بين زوايا الالتواء وعزوم الالتواء كالمبين في شكل رقم ٧٦.



شكل رقم ٧٦: الرسم البياني بين الحمل (عزم الالتواء) والتشكيل (زاوية الالتواء).

٢٠. احسب كلا من حد المرونة ومعامل المرونة في القص ومعامل الرجوعية في الالتواء والمقاومة القصوى لكل عينة.
٢١. ناقش الملاحظات الخاصة بمنحنيات العينات الثلاثة وقيم المعاملات المختلفة والمقاومات القصوى لقص الالتواء لكل مادة ولاحظ أشكال الكسر في العينات المختلفة ثم دون الاستنتاجات والمشاهدات حول الفرق بين سلوك هذه المعادن المختلفة تحت تأثير عزوم الالتواء.

تسجيل النواتج

يقوم الطالب بمليء البيانات الموجودة بالجدول التالي:

المادة	الخاصية	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨
الصلب الطري	عزم الالتواء (Kg.m)								
	درجة زاوية الالتواء °								
النحاس الأصفر	عزم الالتواء (Kg.m)								
	درجة زاوية الالتواء °								
الحديد الزهر	عزم الالتواء (Kg.m)								
	درجة زاوية الالتواء °								

جدول رقم ٣٠



شكل رقم ٧٧

يقوم المدرب بمراجعة استنتاجات الطلاب ويناقشها معهم ثم يقوم بتوضيح الآتي:

المشاهدات



تقييم الأداء

ملاحظات	تحقق		م	معيار الأداء
	لا	نعم		
			١	يلتزم بإجراءات الأمان والسلامة بنسبة عالية.
			٢	يتعاون بين الطلبة لإنجاز الشغل المطلوب
			٣	ينفذ تعليمات المشرف المسؤول
			٤	ينجز التجربة بالوقت المطلوب
			٥	يقيس عزم الالتواء بدقة
			٦	يقيس زاوية الالتواء بدقة
			٧	يحسب معامل الجساءة
			٨	يرتب مكان العمل و يعيد الماكينة لحالتها الأصلية

جدول رقم ٣١

توقيع المدرب

الاسم: التوقيع: التاريخ:

الاختبار العملي

في نهاية التدريب العملي يعطى المتدرب:

٣ مجموعة من ثلاثة عينات لها خصائص مختلفة تم عمل اختبار الالتواء لها سابقا.

ينبغي أن يكون المتدرب قادرا على أن يقوم بالاتي في زمن ٥ دقائق:

٣ التمييز بين شكل العينات بعد انتهاء الاختبار وتحديد نوعها، بمعنى مادة مطيلة Ductile أو نصف

مطيلة Semi-ductile أو هاشة/قصفة (Brittle).

اختبار القص Shear test

تدريب رقم	٧	الزمن	٨ ساعات
-----------	---	-------	---------

أهداف

- معرفة الخواص الميكانيكية للمواد تحت تأثير حمل القص.
- تحديد إجهاد القص (Shear Stress) في المسمار Screw أو البرشام Rivet.
- تحديد أعلى قيمة الإجهاد الإسناد (Bearing Stress) المؤثر على حافة التلامس بين الشوكة والعينة.
- عمل الرسم البياني للحمل والإزاحة (أي بين قوة القص F وإزاحة القص δ).
- معرفة قيمة إجهاد القص الأعظم الذي تتحمله المادة الخاضعة للفحص τ_{max} .
- زيادة قدرة الطالب على استنباط الخصائص الميكانيكية للمواد من اختبارات المواد المختلفة.

الاحتياطات والأمان

- ارتداء نظارة واقية.
- ارتداء القفازات اليدوية.
- يجب عدم الاقتراب من العينة أثناء إجراء الاختبار.
- التأكد من إحكام تثبيت العينة في ماكينة اختبار القص قبل التحميل عليها.
- إعلام الطلاب بمكان زر الطوارئ الموجود بالماكينة.

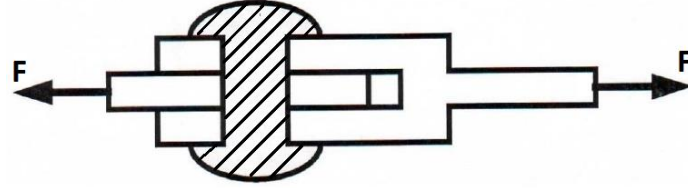
متطلبات التدريب

العدد والأدوات	المواد والخامات
ماكينة اختبار القص.	عينات اختبار مطيطة (الصلب الطري) ونصف مطيطة (النحاس الأصفر).
قدمه ذات ورنية.	
مفتاح عزم لربط.	

جدول رقم ٣٢

المعارف المرتبطة بالتدريب

إذا أثرت في المقطع العرضي للعينة قوة تؤثر بصورة موازية لمساحة المقطع العرضي، وكانت القوى الداخلية الأخرى تساوي صفر، فإن حالة إجهاد العينة هذه تسمى إجهاد القص. جهد القص يعمل بموازاة المساحة. وبالنسبة لاختبار المواد فإن اختبار القص المباشر (Direct shear) تحظى باهتمام كبير بالنسبة للعينات المستخدمة في اختبار القص ليس توجد مواصفات قياسية محددة، ولكن غالباً ما تكون العينة وصلة أحادية أو وصلة ثنائية حيث يمكن أن تجرى التجربة على البرشام الذي يربط جزأين أو أكثر.



شكل رقم ٧٨: صورة عينة اختبار القص

ويمكن إجرائها على أي عينة أخرى مثبتة بمسمار وهذا ما سنجره في تجربتنا هذه.

مخرجات اختبار القص:

يتم عمل اختبار القص للعديد من عينات المعادن المختلفة للحصول على الخواص الميكانيكية في اختبار القص، ويتم ذلك بقياس قطر مقطع المستعرض (D) للمسمار أو البرشام مستديرة المقطع. وبالتالي يكون من المعلومات التي نستطيع الحصول عليها من اختبار القص؛ معرفة قيمة إجهاد القص الأعظم الذي تتحملة المادة الخاضعة للفحص τ_{max}

شرح مكونات وطريقة عمل الجهاز:

جهاز اختبار القص هو نفسه الجهاز العام آف الذكر في التجربة الشد والانضغاط .Universal testing machine



شكل رقم ٧٩: تركيب عينة على الجهاز العام للتجارب

القوانين الأساسية

أولاً: حساب إجهاد القص (Shear Stress) في المسمار Screw أو البرشام Rivet

$$\tau_{\max} = \frac{F}{\text{مساحة مقطع العينة Cross section Area}}$$

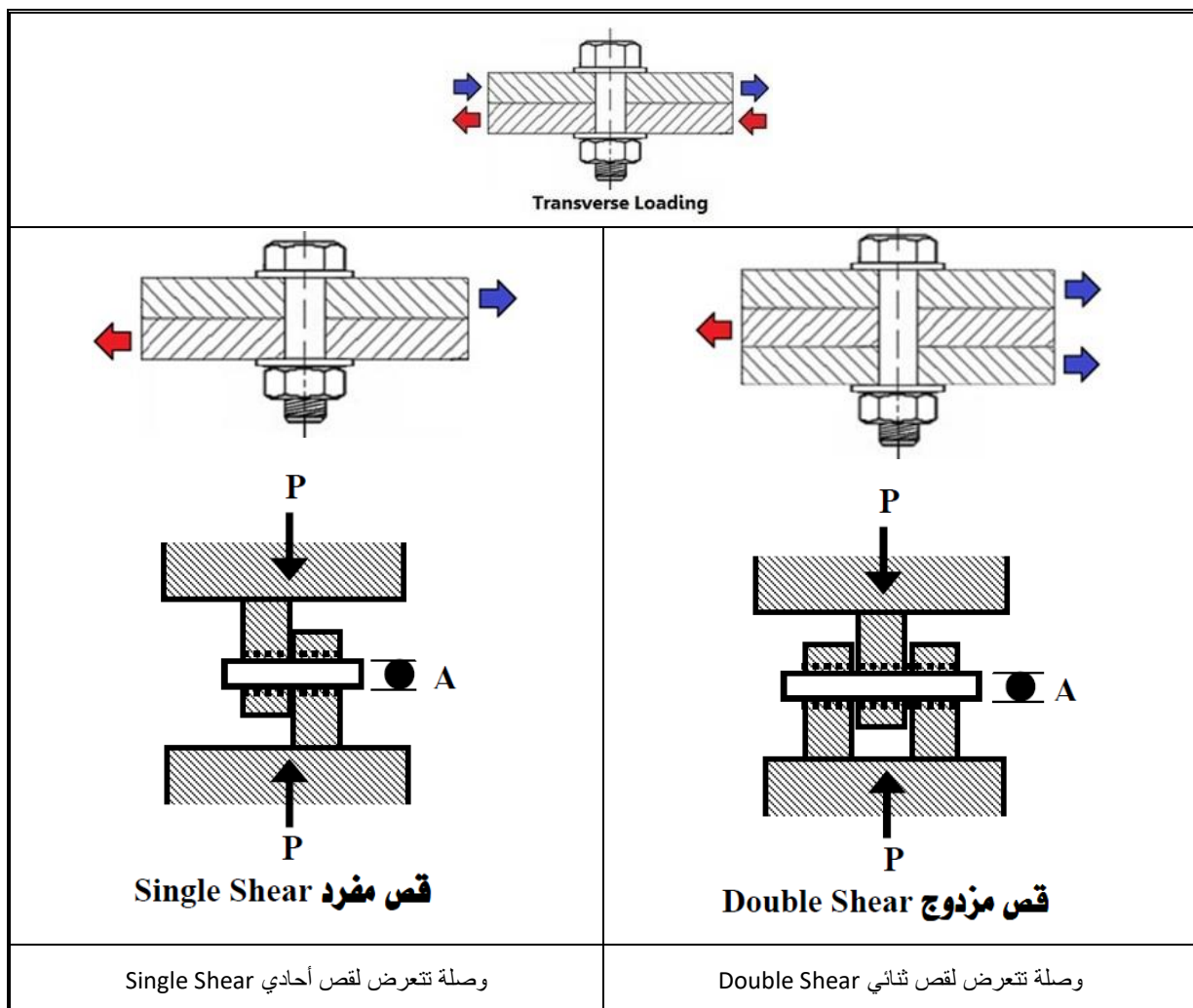
$$A_c = \pi \times \frac{d^2}{4} \text{ مساحة المقطع للمسمار أو البرشام}$$

للحالة في كون القص في منطقة واحدة (قص أحادي) المساحة تستخدم المعادلة السابقة كما هي

للحالة في كون القص في منطقتين (قص ثنائي) يتم ضرب المساحة * ٢

ثانياً: حساب أعلى قيمة الإجهاد الإسناد (Bearing Stress) المؤثر على حافة التلامس بين الشوكة والعينة.

$$\sigma_b = \frac{F}{\text{مسقط المساحة Projected Area}}$$



شكل رقم ٨٠: وصلات القص التي يمكن استخدامها على اختبار القص

خطوات تنفيذ التدريب

١. يراعى احتياطات الأمان والسلامة داخل معمل اختبار المواد ومراعاة النقاط التالية:

للمأكد من عدم وجود أحد بالقرب من العينة قبل بدء الاختبار.

للمأكد من الاقتراب من الجهاز قبل أن يتوقف الفكين عن الحركة.

خطوات التجربة:

٢. احضر العينة الأولى من الحديد الطري لإجراء اختبار القص (العينة عبارة عن مسمار

(D=12mm) مصنوع من الحديد الطري)

٣. قم بقياس قطر العينة المعدنية قبل إجراء الاختبار.

٤. ثبت العينة بين الفكين الخاصين مع ملاحظة تفسير تدرجات مقياس الإزاحة (المسطرة).

٥. قم بزيادة قوة شد (F) بشكل تدريجي على العينة ابتداء من الصفر إلى أن تنكسر العينة وتصل إلى

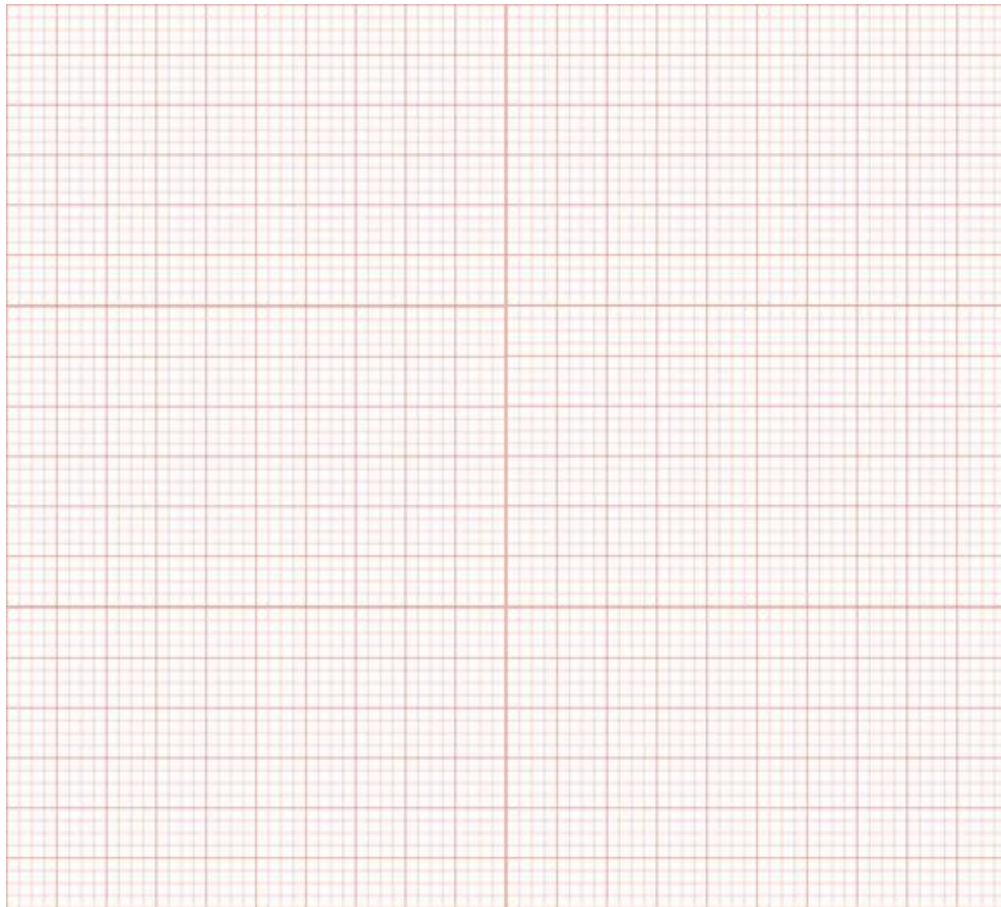
إجهاد القص الذي يسبب كسر العينة.

	
<p>٧. هز العينة باليد بعد تثبيتها للتأكد من إحكام تثبيتها</p>	<p>٦. ركب عينة الصلب الطري في الفك الثابت للجهاز</p>
	
<p>٩. استخدام مفتاح العزم لإحكام ربط الفك المتحرك للعينة</p>	<p>٨. حرك الفك الآخر المتحرك في اتجاه الطرف الحر للعينة</p>

تسجيل النواتج

المادة	الخاصية	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨
الصلب الطري	قوة القص (Kg.m)								
	الإزاحة (mm)								
النحاس الأصفر	قوة القص (Kg.m)								
	الإزاحة (mm)								

جدول رقم ٣٣



شكل رقم ٨٣

المشاهدات

.....

.....

.....

.....

.....



يقوم المدرب بمراجعة استنتاجات الطلاب ويناقشها معهم ثم يقوم بتوضيح الآتي:

تقييم الأداء

ملاحظات	تحقق		م	معايير الأداء
	لا	نعم		
			١	يلتزم بإجراءات الأمان والسلامة بنسبة عالية.
			٢	يتعاون بين الطلبة لإنجاز الشغل المطلوب
			٣	ينفذ تعليمات المشرف المسؤول
			٤	ينجز التجربة بالوقت المطلوب
			٥	يقيس قوى القص والإزاحة أو الاستطالة بدقة
			٦	يرسم المنحنيات بدقة ووضوح
			٧	يحسب أقصى إجهاد قص بشكل سليم
			٨	يقارن النتائج العملية بالنسبة لإجهاد القص مع القيمة الحقيقية (النظرية) بجدول المواصفات للمادة ويبين أسباب الاختلاف.
			٩	يرتب مكان العمل ويعيد الماكينة لحالتها الأصلية

جدول رقم ٣٤

توقيع المدرب

الاسم: التوقيع: التاريخ:

الاختبار العملي

في نهاية التدريب العملي يعطى المتدرب:

للمجموعة من عينتين لهما خصائص مختلفة تم إجراء اختبار القص عليها مسبقاً.

ينبغي أن يكون المتدرب قادراً على أن يقوم بالاتي في زمن ٥ دقائق:

للمتميز بين شكل العينات بعد انتهاء الاختبار وتحديد نوعها، بمعنى مادة مطيلة Ductile أو نصف مطيلة (Semi-ductile).

للما هي الأهمية الهندسية من معرفة اختبار القص؟

الجزء الثالث: الاختبارات الميكانيكية الغير متلفة

Mechanical Nondestructive tests

المقدمة

تشمل الاختبارات الغير متلفة (Nondestructive Test/Inspection) أي فحص أو تقييم يجرى على المكونات والمنتجات الصناعية بغرض اكتشاف وتحديد أماكن العيوب والتشوهات التي تعيق استخدام هذه الأجزاء أو تقلل من كفاءتها بشرط ألا يحدث هذا الفحص أو الاختبار أي تلف أو تغيير في هذه المكونات أو المنتجات الصناعية. ويمكن الاستعانة أيضا بالاختبارات الانتلافية لتحديد أبعاد وخواص الأجزاء المختبرة كمحتوى السبيكة والصلادة وحجم البلورات وغير ذلك.

ويجب التنويه أن الاستخدام الخاطئ أو غير الملائم لهذه الاختبارات الانتلافية قد يسبب نتائج عكسية ممكن أن تكون كارثية كذلك أن الفهم أو التفسير الخاطئ لنتائجها له تأثيراته السلبية على المكون المختبر، لذا فإنه من الضروري أولاً اختيار التقنية الملائمة من هذه الاختبارات ثم استخدامها بواسطة شخص مؤهل تأهيلاً كافياً لضمان عدم حدوث أي أخطاء والحصول على النتائج المرجوة من الاختبار. فتأهيل الفني المنفذ للاختبار الانتلافي عامل مهم جداً لأن التجهيزات والمعدات المتطورة والمزودة بأفضل التقنيات والإجراءات لن تجدى نفعا إذا قام بتنفيذ الاختبار شخص غير مؤهل حيث أن العامل الرئيسي في فاعلية الاختبار الانتلافي هو الشخص المنفذ للاختبار ومدى تأهيله.

وتنقسم العيوب التي تقوم الاختبارات الانتلافية باكتشافها إلى ثلاثة أنواع وهي:

١. عيوب ناشئة عن عمليات الإنتاج الأولى للمادة الخام وتسمى بالعيوب المتأصلة.
 ٢. عيوب تنتج أثناء إجراء عمليات التصنيع المختلفة على المنتج وتسمى بعيوب التصنيع.
 ٣. عيوب تنتج أثناء خدمة أو دورة تشغيل المنتج أو الماكينة وتسمى بعيوب التشغيل.
- وهذه العيوب قد تكون لها صور أو أشكال كثيرة فهي قد تكون عبارة عن شروخ سطحية أو داخلية في المادة وقد تكون تمزق أو ضعف في الترابط الداخلي بين جزيئات المادة ويمكن أن تكون أيضا انعزال أو انفصال للعناصر الكيميائية للسبيكة أثناء تجمدها من الحالة السائلة وقد تكون في صورة ضعف أو نقص التغلغل في اللحام أو في صورة تعب أو كلال للجزء أثناء فترة التشغيل أو غيرها من العيوب التي تؤثر على أداء وكفاءة الأنظمة والتطبيقات الصناعية المختلفة.

مجالات استخدام الاختبارات الغير انتلافية

استطاعت الاختبارات الغير متلفة أن تشق طريقها الواسع في ميادين وتطبيقات الفحص والتدقيق في معظم المجالات الصناعية ومنها على سبيل المثال لا الحصر:

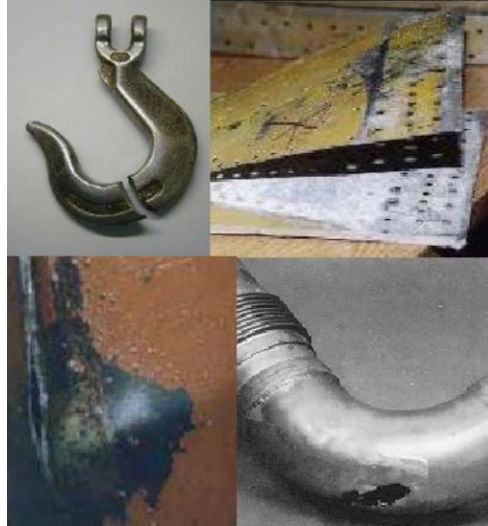
١. صناعة وتشغيل المعادن: حيث تستخدم في فحص المنتجات الخام raw products inspection مثل المسبوكات المعدنية والمشغولات بالطرق Forging ومنتجات الدرفلة والمنتجات المسحوبة extrusions كالصفائح والأنابيب وغير ذلك من أجل ضبط جودة المنتجات وضمان جودتها

وتستخدم أيضا فحص العمليات الثانوية مثل التشغيل، اللحام، التخليخ والمعالجة الحرارية... الخ وفي اختبار الأدوات المعدنية وأجزاء الآلات أثناء مراحل تصنيعها المختلفة.



شكل رقم ٨٤

٢. فحص أجزاء الماكينات والمعدات **Inspection for in-service damage** مثل الشروخ cracking والتآكل erosion/wear والتلف الحراري Heat damage ... الخ



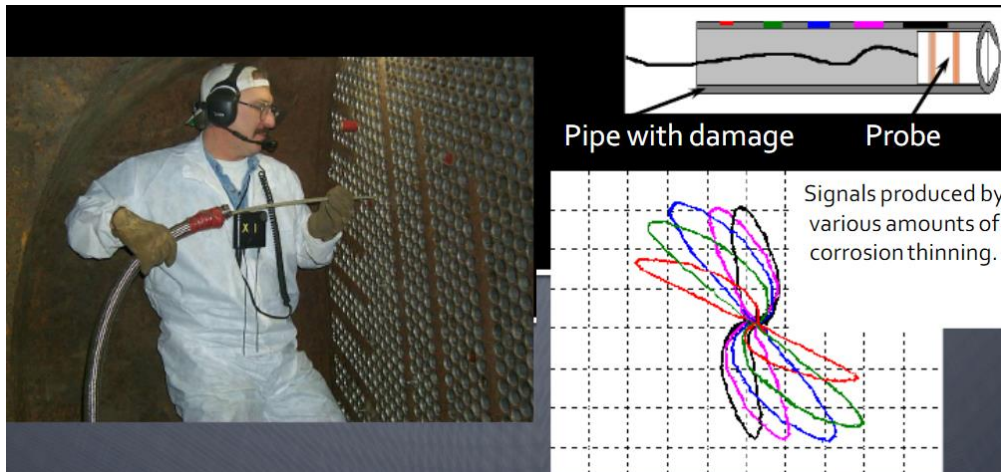
شكل رقم ٨٥



شكل رقم ٨٦

٣. **مجالات النقل المختلفة:** فتستخدم هذه الاختبارات في اكتشاف أعطال الأجزاء الداخلية للمحركات التوربينية النفاثة والأنظمة الهيدروليكية وغيرها للطائرات ومركبات الفضاء قبل إطلاقها وبعد عودتها وتستخدم أيضا في اختبار عجلات وخطوط السكك الحديدية الخاصة بالقطارات فائقة السرعة.

٤. **مجال المفاعلات النووية:** حيث تستخدم في اختبار حاويات وجدران المفاعلات وأوعية الضغط وأنابيب البخار في مولدات البخار والمغلفات النووية للوقود والوصلات الملحومة في الأماكن المختلفة.



شكل رقم ٨٧

٥. **الصناعات الثقيلة كبناء السفن:** تستخدم في اختبار سلامة الهياكل الفولاذية للسفن واكتشاف العيوب الموجودة في اللحام وأيضا اختبار المواد المستخدمة في تصنيعها.

٦. **الصناعات البترولية والبتروكيميائية:** تستخدم في الفحص الدوري للتأكد من سلامة الأجزاء القريبة من الوصلات اللحامية والأجزاء المعرضة للإجهادات أو للتآكل وتحديد المكونات والمنتجات التي يتوجب إصلاحها أو رفضها.
٧. **البحث العلمي:** حيث دخلت هذه الاختبارات في مجال تحديد البنية الكيميائية للأجسام وتحديد الخواص الفيزيائية للمواد.

فوائد استخدام الاختبارات الانتلافية:

توجد العديد من الفوائد التي نجنيها من استخدام الاختبارات غير المتلفة في التطبيقات والمجالات المختلفة ومنها:

١. يؤدي استخدام هذه الاختبارات في الفحص الدوري للألات ومعدات المنشأة الصناعية إلى اكتشاف أماكن وجود الإجهادات الميكانيكية وأماكن التآكل والتصدع فيه قبل التحطم مما يسمح بتحديد نوع الصيانة اللازمة لها وبالتالي إطالة زمن خدمتها وخفض كلفة تشغيلها.
٢. إنقاص الهدر الناتج عن التلف الصناعي وتحقيق الاستخدام الأمثل للمواد مما يؤدي إلى زيادة الإنتاج وتخفيض عملية إعادة التصنيع وخفض التكلفة النهائية للمنتج.
٣. يعد استخدام الأنواع المختلفة من الاختبارات الغير متلفة هو الوسيلة الوحيدة التي أثبتت نجاحها في تقليل معدل وقوع الحوادث الكارثية كحوادث تحطم الطائرات والمركبات الفضائية وحوادث التسرب الإشعاعي في المفاعلات النووية وغيرها...
٤. التأكد من مدى مطابقة المنتجات الصناعية لمعايير الأمان والجودة.
٥. يؤدي الاستخدام الدوري لهذه الاختبارات إلى زيادة الإنتاج عن طريق تجنب التوقف غير المخطط له للمنشأة ومحطات الإنتاج نتيجة الأعطال المختلفة والمفاجئة.
٦. خفض معدل تلوث البيئة حيث تحد هذه الاختبارات من التسرب في المحطات النووية والكيميائية والبتروكيميائية.

أنواع الاختبارات الانتلافية:

هناك العديد من الأنواع المختلفة للاختبارات الانتلافية تركز في مفهومها وطريقة عملها على مبادئ وأسس فيزيائية مختلفة للكشف عن بنية المادة ومواضع وجود الشروخ والتشوهات الداخلية والسطحية فيها والتي لا يمكن كشفها بالعين المجردة. ولكل نوع من هذه الاختبارات مزاياه الخاصة به ولكن خبرة القائم على الاختبار ومعرفته الجيدة بمزايا كل نوع والعيوب المحتمل تواجدها في الجزء أو العينة الخاضعة للاختبار هي المتحكم الرئيسي في اختيار نوع الاختبار الأكثر ملائمة لاختبار هذا الجزء أو العينة. وأكثر أنواع الاختبارات الانتلافية انتشارا هم:

١. اختبار بطريقة الفحص البصري (Visual Inspection)

٢. اختبار بطريقة السوائل النافذة أو المخترقة (Penetrant Inspection)

٣. اختبار التسرب (Leak Test)

٤. الاختبار بالطرق الحرارية (Thermal Test)

٥. اختبار بطريقة الجسيمات الممغنطة (Magnetic Particle Test)

٦. اختبار بطريقة التصوير الشعاعي (Radiography Test)

٧. اختبار بطريقة الموجات فوق الصوتية (Ultrasonic Test)

٨. اختبار بطريقة التيارات الدوامة (Eddy Current Test)

٩. الاختبار بالموجات القصيرة (Microwave Test)

الاختبار بطريقة الفحص البصري (Visual Inspection)

تدريب رقم	٨	الزمن	٤ ساعات
-----------	---	-------	---------

أهداف

- التعرف على كيفية إجراء اختبار بطريقة الفحص البصري للأجزاء الميكانيكية المختلفة.
- التعرف على كيفية استعمال الأدوات المستخدمة في الفحص البصري.
- إتقان مهارة اكتشاف العيوب الموجودة بالأجزاء الميكانيكية دون إتلافها.

الاحتياطات والأمان

- ارتداء نظارة واقية.
- ارتداء القفازات اليدوية.
- ارتداء كمامة الوجه للحماية من الروائح الكيميائية.

متطلبات التدريب

العدد والأدوات	المواد والخامات	
عدادات قياس جودة اللحام	قطع معدنية ملحومة	١/نوع
بوروسكوب		
فيديو بوروسكوب		
عدسة مكبرة	محركات ماكينات بها أعطال أو تآكل داخلي	١/نوع
مرآة مكبرة		
مايكروسكوب مجهري	قطع غيار ميكانيكية حديثة الصنع ولها كتالوج	١/نوع
مايكرومتر		
قدمة ذات ورنية	عينة زيت من خزان ماكينة هيدروليك	0.2 لتر
مفتاح عزم		

جدول رقم ٣٥



شكل رقم ٨٨: أجهزة رؤية بصرية



شكل رقم ٨٩: بعض الأجهزة والوسائل المستخدمة في الفحص البصري.

المعارف المرتبطة بالتدريب

يعد الاختبار بطريقة الفحص البصري Visual Inspection من أسهل الاختبارات الانتلافية من حيث التطبيق وهي طريقة مكملة لكل طرق الاختبارات الانتلافية الأخرى حيث يتم تطبيقها أولاً قبل أي طريقة اختبار أخرى في الكشف عن العديد من العيوب في الأجزاء الملحومة والمصبوبات والمشغولات والمكونات المعالجة حرارياً.

ويتم الاختبار بهذه الطريقة باستخدام العين المجردة أو باستخدام أدوات قياس بسيطة كالميكرومتر أو ساعات القياس أو القدمة ذات الورنية أو كالأدوات المستخدمة في ضبط جودة اللحام بصرياً أو بواسطة إحدى مساعدات الرؤية.

فعند استخدام طريقة الفحص البصري بواسطة شخص ذو كفاءة لفحص لحاماً مثلاً فإن هذه الطريقة يمكنها أن تعطينا معلومات عما إذا كان هناك نقر غير ممتلئ في اللحام وعن مقدار تغلل اللحام وعما إذا كانت هناك شوائب ناتجة من قشور الأكسيد القريبة من السطح وعن المسامية السطحية وعما إذا كانت هناك شروخ في السطح أم لا.

والاختبار بالفحص البصري ليس له حالة محددة أو طريقة معينة بخطوات ثابتة يتم إتباعها حيث توجد العديد من الحالات التي يستخدم فيها الفحص البصري كفحص الصدأ أو التآكل أو الشروخ الموجودة بالأجزاء الميكانيكية وفحص تعشيق وشد الوصلات والسيور الموجودة بالماكينات وفحص العيوب الموجودة في عملية اللحام بالإضافة إلى فحص أبعاد ومواصفات الأجزاء المصنعة حديثاً قبل بيعها للعملاء وغيرها من التطبيقات الأخرى الهامة. لذلك لا يمكن الإلمام الكامل بطريقة الفحص البصري والأدوات المستخدمة فيها بتجربة واحدة لذلك سنستعرض في هذا الجزء مجموعة من الحالات المختلفة والتي سيتم استعمال طريقة الاختبار بالفحص البصري فيها لاكتشاف العيوب وسنستعرض من خلالها أيضاً الأداة المناسبة لكل حالة.

خطوات تنفيذ إجراء الفحص البصري في الآتي:

١. بأنه في البداية يجب تنظيف العينة أو السطح المختبر جيداً بواسطة سائل مناسب أو رمل أو غيرها من وسائل التنظيف الملائمة للموقف.
٢. يجب التأكد من إضاءة المكان الذي تتم فيه عملية الفحص لتسهيل رؤية واكتشاف العيوب.
٣. تفحص العينة بواسطة العين أو بواسطة اختيار الأداة المناسبة للحالة من أدوات الفحص البصري وأحياناً يتطلب الأمر أخذ العينة وفحصها بأحد الأدوات المكبرة للصورة كالميكروسكوب للتمكن من الرؤية والفحص الجيد للعينة.

مزايا وعيوب الاختبار بطريقة الفحص البصري

مزايا الاختبار بطريقة الفحص البصري:

- ✍ الأدوات المستخدمة تتطلب حداً أدنى من التدريب.
- ✍ انخفاض التكلفة.
- ✍ تعتبر طريقي سريعة وبسيطة نسبياً.
- ✍ يمكن استخدامها مع مختلف المواد.
- ✍ الأدوات البصرية المستخدمة يمكنها نقل الصورة إلى عدة أمتار وتمكن من الوصول إلى المناطق الصعبة.

عيوب الاختبار بطريقة الفحص البصري:

- ✍ يجب أن يكون الجزء المختبر في متناول العين أو الأداة البصرية المساعدة.
- ✍ يجب أن ينظف السطح قبل الاختبار.
- ✍ يتعرض الشخص القائم بالاختبار للإعياء أحياناً في حالة صعوبة مجال الرؤية.
- ✍ ارتفاع سعر بعض الأدوات البصرية الإلكترونية المساعدة نسبياً.
- ✍ اعتماديتها مرتبطة بكفاءة وخبرة الشخص القائم بالاختبار لذلك فأحياناً نحصل على نتائج غير دقيقة.

الحالة الأولى: اكتشاف العيوب الداخلية الموجودة بالماكينات

يقوم المدرب بتكليف الطالب بفحص السطح الداخلي لمكبس أسطوانة معينة وسطح غرفة الاحتراق الخاصة بها لمحرك موجود بورشة العمل ويسأل الطالب ليختار الجهاز المناسب لهذه العملية.

شرح مكونات وطريقة عمل الجهاز:

يستخدم جهاز البوروسكوب والمرآة المكبرة حتى تتمكن من رؤية العيوب أو التآكلات الموجودة بالأسطح الداخلية لجسم الألة الميكانيكية نظراً لصعوبة الوصول إليها لضيق المكان أو لوجود الجزء المراد رؤيته داخل الماكينة ولا يسمح الوقت أو الظروف للفاك والتكيب حتى نراه بالعين المجردة مباشرة. ويوضح في شكل رقم ٩٠ التركيب الداخلي لأداة البوروسكوب حيث تحتوي على فتحة تسمح بدخول الضوء وأنبوبة أو قناة من الإستانلس تيل تحتوي على مجموعة من العدسات التبادلية والمكبرة والتي تقوم بتوضيح ونقل الصورة من منطقة مجال الرؤية إلى عين الرائي حتى يتمكن من رؤية الأسطح والأجزاء الداخلية للماكينات.



شكل رقم ٩٠: التركيب الداخلي لأداة البروسكوب.

خطوات تنفيذ التدريب

١. يراعى احتياطات الأمان و السلامة داخل معمل اختبار المواد
٢. قم باختيار الأداة المناسبة للاختبار وهو جهاز الفيديو بروسكوب الموضح شكل رقم ٩٠.



٣. قم بإخراج شمعة الاحتراق حتى تتمكن من رؤية السطح الداخلي للمكبس وغرفة الاحتراق
٤. احضر جهاز الفيديو بورسكوب لينقل له صورة حية عن ما بداخل أسطوانة المحرك



٥. إدخال طرف مجال الرؤية الخاص بجهاز بورسكوب من فتحة شمعة الاحتراق التي أزلتها وانظر لشاشة بورسكوب لتفحص حالة الأسطح الداخلية للمكبس وغرفة الاحتراق
٦. قم بحفظ للصور التي التقطتها للأسطح التي قام بحفظها

شكل رقم ٩١

تسجيل النواتج

يقوم الطالب بطباعة الصور التي حصل عليها ويناقشها مع مدربه لتحديد ما إذا كانت حالة أسطح كلا من المكبس وغرفة الاحتراق جيدة أم تحتاج إلى صيانة.

الحالة الثانية: إكشاف العيوب الموجودة باللحامات:

يقوم المدرب بإحضار بعض قطع العمل الملحومة والعادية ويطلب من الطالب أن يتأكد من جودة اللحام الموجود بالقطع الملحومة وأن يحدد مقدار محاذاة بعض القطع من عدمه وزاويها ميل بعض القطع وأن يختار الأدوات المناسبة لهذه الوظيفة من أدوات الفحص البصري.

شرح مكونات وطريقة عمل الجهاز:



شكل رقم ٩٢: أداة قياس شكل وأبعاد اللحام

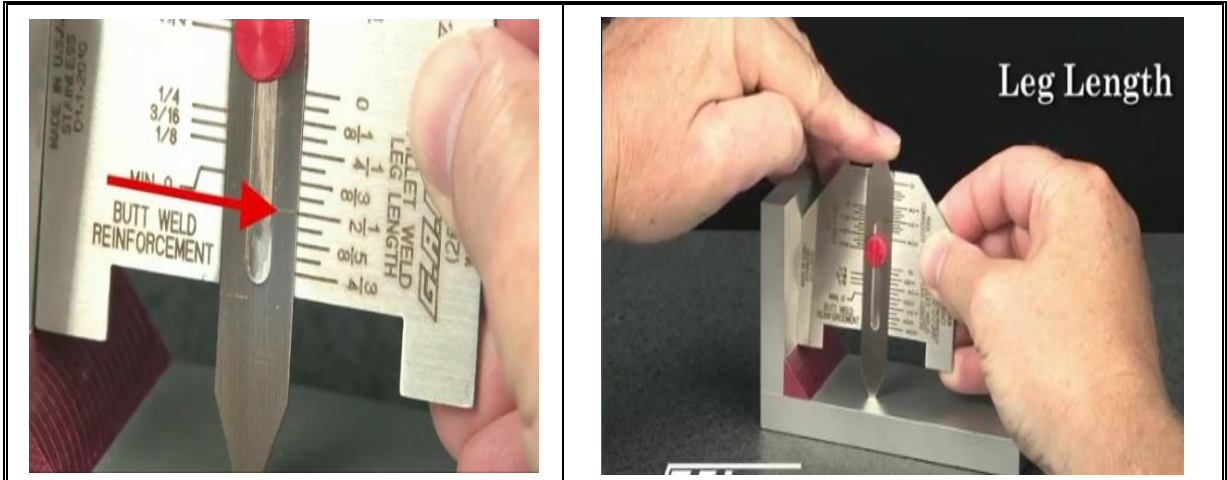
يوضح شكل رقم ٩٢ أداة قياس شكل اللحام وهي تشبه منقلة قياس الزوايا العادية وبها سن ارتكاز يمكن تثبيته فوق غطاء اللحام لقياس ارتفاعه وبها حافة لقياس مقدار زاوية الميل أو الانحراف المراد قياسه لأي جزء أو قطعة وبها أيضا طرف لقياس أبعاد لحام الشريحة. ويوضح شكل رقم ٩٣ بعد الأدوات الأخرى التي تستخدم لقياس جودة اللحام بطريقة الفحص البصري.



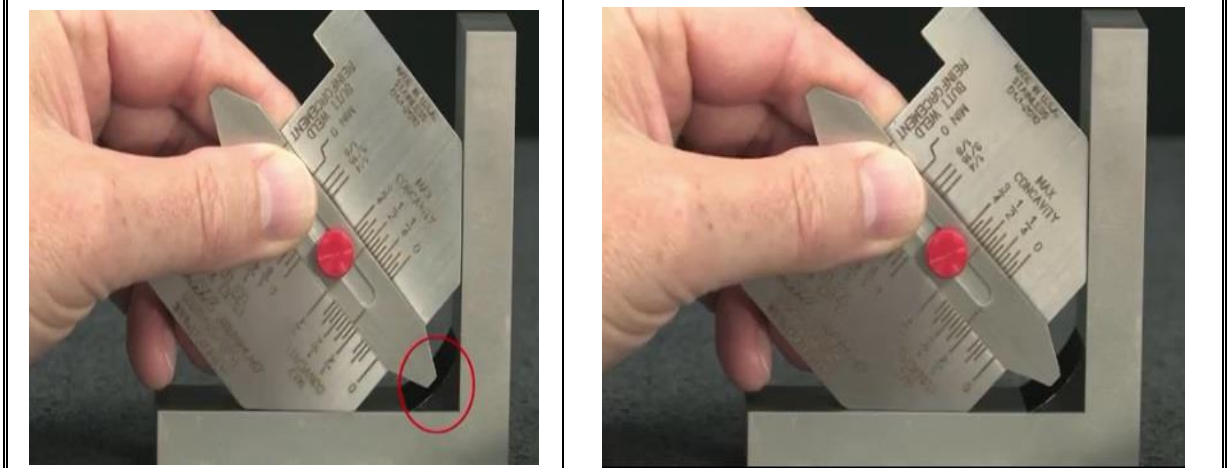
شكل رقم ٩٣: بعض الوسائل المستخدمة في الفحص البصري للحام.

خطوات تنفيذ التدريب

١. يراعى احتياطات الأمان و السلامة داخل معمل اختبار المواد
٢. قم بختيار الأداة المناسبة لهذه الوظيفة وهي أداة قياس شكل اللحام.
٣. نفذ الخطوات الموضحة التالية من رقم ٤ حتى الخطوة رقم ٨ للتأكد من جودة اللحام واكتشاف أي عيوب ناتجة عن عملية اللحام ولاكتشاف زوايا الميل وقيمة عدم المحاذاة الموجودة بالقطع الأخرى.



٤. قم بقياس طول شريحة اللحام وسجل قيمة القراءة من التدريج بجدول النتائج



٥. قم بقياس مدى التقعر الموجود باللحام فإذا كان طرف ارتكاز الأداة غير متلامس مع اللحام كما هو موضح بالصورة فهذا دليل على أن اللحام غير كافي ويحتاج إلى لحام مرة أخرى لتزويد طبقة اللحام الخارجية

	
<p>٧. قم بقياس أبعاد اللحام لتحديد مناطق الاحتياج للتعزيز</p>	<p>٦. قم بقياس مدى التحدب الموجود باللحام</p>
	
<p>٩. قم بقياس قيمة عدم المحاذاة بين الأجزاء الملحومة</p>	<p>٨. قم بقياس القطع الداخلي الموجود باللحام</p>
	
<p>١١. قم بقياس ارتفاع اللحام لتحديد احتياجه للتعزيز</p>	<p>١٠. قم بقياس زاوية الميل</p>

جدول رقم ٣٦

تسجيل النواتج

يقوم الطالب بتسجيل قراءاته ويملي الجدول التالي ثم يقارن نتائجه مع بقية زملائه

رقم القطعة	قيمة عمق القطع الداخلي	ارتفاع غطاء اللحم	طول شريحة اللحم	قيمة عمق شريحة اللحم	زاوية الميل	قيمة اللامحاذاة
١						
٢						
٣						

جدول رقم ٣٧

بعد مقارنة النتائج يتناقش الطلاب للحكم على جودة اللحم ومناقشة العيوب إن وجدت وكيف يمكن تلافيها أو معالجتها وتسجيل المشاهدات.

المشاهدات



تقييم الأداء

ملاحظات	تحقق		معيار الأداء	م
	لا	نعم		
			يلتزم بإجراءات الأمان والسلامة بنسبة عالية.	١
			يتعاون بين الطلبة لإنجاز الشغل المطلوب	٢
			ينفذ تعليمات المشرف المسؤول	٣
			ينجز التجربة بالوقت المطلوب	٤
			يستخدم الفحص البصري لاكتشاف العيوب بشكل سليم	٥
			يقيس سمك اللحام و يفحصه بدقة	٦
			يقيس عدم المحازة للحام بشكل سليم	٧
			يرتب مكان العمل و يعيده لحالته الأصلية	٨

جدول رقم ٣٨

توقيع المدرب

الاسم: التوقيع: التاريخ:

الاختبار العملي

في نهاية التدريب العملي يعطى المتدرب:

لل مجموعة من القطع ملحومة حديثا

ينبغي أن يكون المتدرب قادرا على أن يقوم بالاتي في زمن ٣٠ دقيقة:

لل إجراء اختبار الفحص البصري لقطع غيار جديدة لمطابقة أبعادها بالأبعاد الموجودة بكتالوج الصانع

الاختبار بطريقة السوائل النافذة أو المخترقة (Penetrant Inspection)

تدريب رقم	٩	الزمن	٨ ساعات
-----------	---	-------	---------

أهداف

- التعرف على إجراء اختبار السوائل النافذة للأجزاء الميكانيكية المختلفة.
- إتقان مهارة اكتشاف العيوب الموجودة بالأجزاء الميكانيكية دون إتلافها.
- اكتشاف الشروح أو عيوب اللحام الموجودة بالمشغولات

الاحتياطات والأمان

- ارتداء نظارة واقية.
- ارتداء القفازات اليدوية.
- ارتداء كمامة الوجه للحماية من الروائح الكيميائية.
- وجود حقيبة إسعافات أولية في مكان الاختبار.

متطلبات التدريب

الكمية	المواد والخامات	العدد والأدوات
١/نوع	قطع معدنية ملحومة	رشاش مزيل أو منظم
١/نوع	قطع غيار قديمة من ورشة العمل	رشاش مخترق
١/نوع	خزانات معدنية قديمة يراد اكتشاف شروح تسريب بها	رشاش مظهر
		عدد ٢ فوطة تنظيف لهما لونين مختلفين وليكن أحدهما لونه أبيض والأخرى لونها أحمر

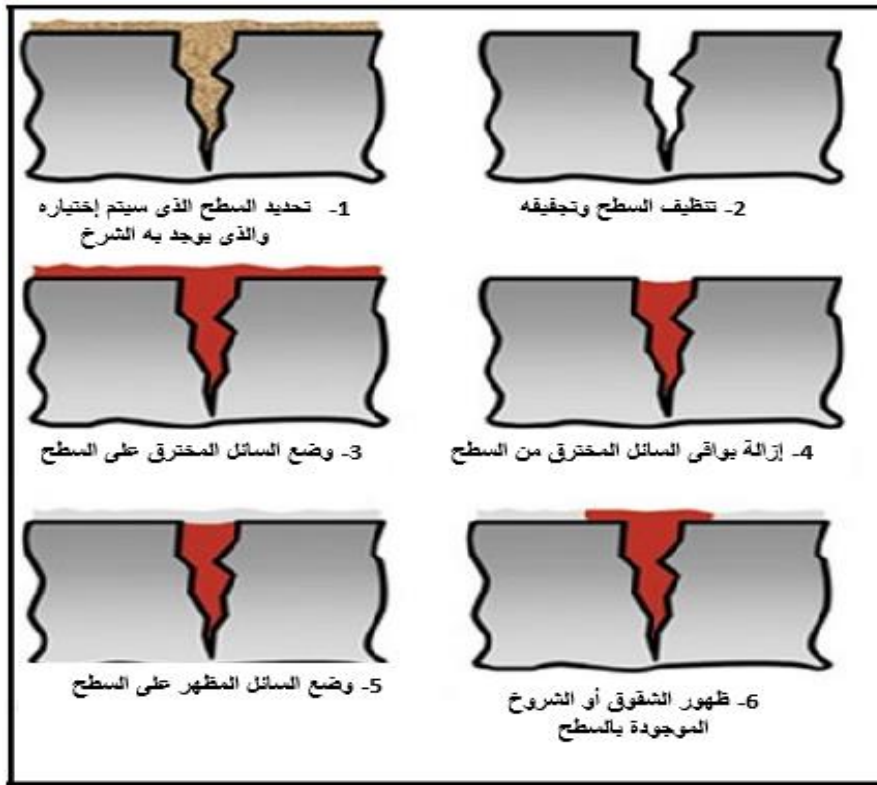
جدول رقم ٣٩

المعارف المرتبطة بالتدريب

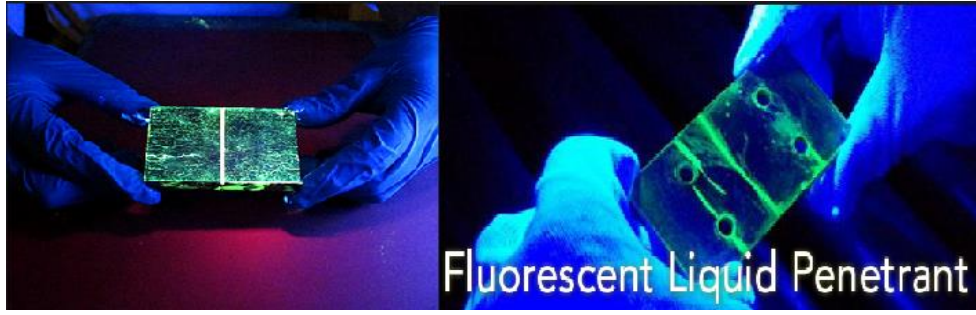
يستخدم الاختبار بطريقة السوائل النافذة أو المخترقة في الكشف عن العيوب السطحية في العينة كالشروح والتشققات المفتوحة على السطح والتي لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة حتى من مرتبة الميكروتر. ويمكن استخدام هذه الطريقة مع جميع المعادن وحتى يمكن استخدامها في حالة السيراميك والبلاستيك.

ويوضح شكل رقم ٩٤ خطوات الاختبار بطريقة السوائل النافذة حيث يتم في هذه الطريقة استخدام ثلاثة سوائل وهم سائل المنظف/المزيل "Cleaner" وسائل المخترق "Penetrant" (وهو سائل ذو قدرة عالية على النفاذ) وسائل المظهر "Developer" أحيانا يتم إضافة مادة فلورية وتسمى بالإنجليزية (Fluorescent method) أي طريقة المظهر الفلوري حيث يتم إذابة هذه المادة الفلورية في السائل المخترق ويتم تكرار نفس الخطوات السابقة عدا أن الاختبار يتم داخل غرفة مظلمة ويتم استخدام الأشعة فوق البنفسجية للكشف عن العيوب كما هو موضح في شكل رقم ٩٥.

هناك أنواع أخرى من السوائل يجرى بها الاختبار بالسوائل النافذة كالكيروسين مثلا مع كربونات الكالسيوم، حيث في هذه الحالة يلعب الكيروسين دور المخترق ويوضع على السطح ثم يترك لمدة كافية وبعد ذلك ينظف السطح جيدا ويدهن بكربونات الكالسيوم ذو اللون الأبيض (دور المظهر) وتكون في حالة جافة أو تخلط بالكحول وتتركه لفترة فنجد أن الكيروسين يخرج من الشروخ إلى السطح ويبقع المادة البيضاء (كربونات الكالسيوم) وبذلك يكون موضع الشرخ أو الشق هو مكان البقع.



شكل رقم ٩٤: خطوات الاختبار بالسوائل النافذة أو المخترقة.



شكل رقم ٩٥: نتائج استخدام طريقة المظهر الفلوري.

شرح مكونات وطريقة عمل الجهاز:

يوضح شكل رقم ٩٦ ثلاثة عبوات تحتوي كل منها على نوع مختلف من السوائل حيث تحتوي العبوة الأولى (١) على سائل منظم لتنظيف السطح المراد اختباره وتحتوي العبوة الثانية (٢) على سائل مخترق له قدرة عالية على النفاذ خلال الشروخ والفتحات الضيقة الموجودة بالأسطح والعبوة الثالثة (٣) تحتوي على سائل مظهر له قدرته على إخراج السوائل المحتجزة داخل التشققات والشروخ الموجودة بالأسطح المراد اختباره بهدف إظهار مواضع تواجد العيوب أو الشروخ.



شكل رقم ٩٦: السوائل الثلاثة المستخدمة بطريقة الاختبار بالسوائل النافذة.

ويوضح شكل رقم ٩٧ بعض العينات التي يمكن استخدامها في الاختبار بطريقة السوائل النافذة أو المختركة.



شكل رقم ٩٧: العينات التي سيستخدمها الطالب في الاختبار.

مميزات وعيوب الاختبار بطريقة السوائل النافذة:

المميزات:

- ✍ تسهل رؤية العيب حيث أن السائل المخترق ينتج إشارة للعيب أكبر من العيب نفسه مما يسهل رؤية العيب بالعين المجردة بالإضافة إلى أن لون سائل المظهر يكون أبيض ولون السائل المخترق غالبا ما يكون الأحمر مما يعطى درجة تباين عالية وتسهيل للرؤية.
- ✍ تكلفة الأدوات المستخدمة في هذه الطريقة منخفضة نسبيا.
- ✍ تمكن هذه الطريقة من فحص الأجزاء ذات الأشكال المعقدة.
- ✍ يمكن استخدام هذه الطريقة في فحص المعادن المغناطيسية وغير المغناطيسية وكافة المواد الصلبة غير المسامية.

العيوب:

- ✍ لا يمكن تطبيق هذه الطريقة على المكونات والقطع ذات السطوح المسامية.
- ✍ لا يمكن تطبيق هذه الطريقة على المكونات المطلية بالدهان أو الطبقات المعدنية الواقية.
- ✍ لا يمكن تطبيق هذه الطريقة عند تلوث سطح القطع المراد اختبارها بالزيوت أو الشحوم ما لم يتم إزالتها بشكل كامل.
- ✍ زمن الاختبار طويل نسبيا.

يجب التنظيف التام لسطح العينة الخاضعة للاختبار والتأكد من عدم وجود صدأ أو شحوم أو حتى طلاء أو أي مواد أخرى يمكن أن تغلق الشروخ، وهناك العديد من الوسائل التي من الممكن استخدامها لتنظيف السطح كوسائل التنظيف أو استخدام ضغط البخار أو التتميش بالحامض

يجب عدم استخدام وسيلة السفع بالرمل في تنظيف الأسطح حتى لا يغلق الرمل الشروخ.



خطوات تنفيذ التدريب

١. براعى احتياطات الأمان و السلامة داخل معمل اختبار المواد



٢. جهز منضدة الاختبار وضع عليها العينة الخاضعة للاختبار والعبوات الثلاث وعدد ٢ فوطة (ذو لونين مختلفين وليكن أحدهما بيضاء والأخرى حمراء) ليتم استعمالهم في تنظيف العينة أثناء الاختبار



٤. نظف سطح العينة باستعمال الفوطة الشبعية بسائل التنظيف وكرر هذه الخطوة أكثر من مرة حتى تتأكد من خلو سطح العينة تماما من أي شوائب أو زيوت قد تؤثر على نتائج الاختبار



٣. استخدم العبوة الأولى التي تحتوي على المادة المنظفة ورش بها على الفوطة البيضاء



٥. استعمل العبوة الثانية التي تحتوي على المادة النافذة وقم برش السائل مباشرة على سطح العينة ويكون الرش في اتجاه السهم على طول اللحام (ويركز في رش على خط اللحام الموجودة بسطح العينة).

٦. اترك العينة فترة عشرة دقائق حتى تتمكن المادة النافذة من اختراق الشقوق أو الشروخ الموجودة بسطح العينة الملحومة



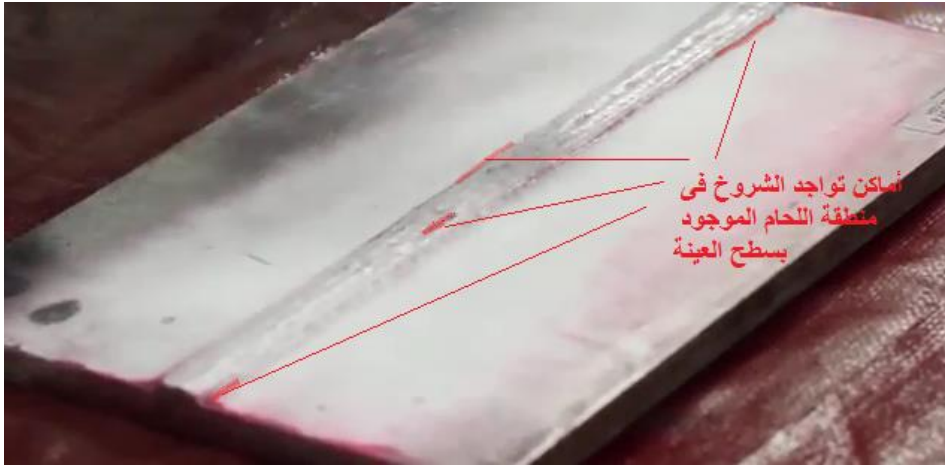
٧. نظف سطح العينة بعد انتهاء مدة العشر دقائق باستخدام الفوطة الحمراء



٨. رش السائل المنظف على الفوطة البيضاء مرة اخرى لتنظيف سطح العينة مع ملاحظة أن لا يتم رش السائل المنظف مباشرة من العبوة على العينة حتى لا يؤثر على نتائج الاختبار



٩. بعد الانتهاء من التنظيف الكامل لسطح العينة يتم استعمال عبوة السائل المظهر كي يتم رشه على سطح العينة ويترك لمدة ١٠ دقائق حتى يتمكن من إخراج السائل المخترق من الشقوق الموجودة بسطح العينة



١٠. افحص العينة بعد انتهاء مدة العشر دقائق وبحث عن مواضع تجمع السائل المخترق على سطح العينة والتي تمثل مواضع الشقوق أو الشروخ الموجودة بسطح العينة
١١. قم بالنقاط صورة لها لمواضع الشقوق و الشروخ و سجل مشاهداتك

شكل رقم ٩٨

١٢. يقوم الطالب بتكرار نفس الخطوات من ٨:١ على عينات أخرى ويتفحص مواضع الشروخ أو الشقوق الموجودة بها ويلتقط صورة لسطح العينة في نهاية الاختبار.

تسجيل النواتج

اسم العينة	هل يوجد بها شقوق أم لا	عدد الشقوق الموجودة بها	تفاصيل الشقوق الموجودة بالسطح (الموضع-الطول-السمك)

جدول رقم ٤٠

المشاهدات



يقوم المدرب بمراجعة استنتاجات وملاحظة الطلاب ويقوم بتوضيح مزايا و عيوب الاختبار بطريقة السوائل النافذة أو المخترقة وهي كالآتي:

تقييم الأداء

ملاحظات	تحقق		م	معايير الأداء
	لا	نعم		
			١	يلتزم بإجراءات الأمان والسلامة بنسبة عالية.
			٢	يتعاون بين الطلبة لإنجاز الشغل المطلوب
			٣	ينفذ تعليمات المشرف المسؤول
			٤	ينجز التجربة بالوقت المطلوب
			٥	يستخدم سوائل الفحص بترتيب منظم
			٦	يرش كمية سائل مناسبة عند عمل الاختبار
			٧	يكتشف الشقوق و الشروح بسهولة
			٨	يرتب مكان العمل و يعيده لحالته الأصلية

جدول رقم ٤١

توقيع المدرب

الاسم: التوقيع: التاريخ:

الاختبار العملي

في نهاية التدريب العملي يعطى المتدرب:

للـ قطعة معدنية ملحومة

للـ سوائل اكتشاف الشروخ

ينبغي أن يكون المتدرب قادرا على أن يقوم بالاتي في زمن ١٠ دقيقة:

للـ إجراء اختبار الفحص بالسوائل لقطع معدنية ملحومة لاكتشاف الشروخ

الاختبار بطريقة الجسيمات المغنطة (Magnetic Particle Test)

٤ ساعات	الزمن	١٠	تدريب رقم
---------	-------	----	-----------

أهداف

- التعرف على كيفية إجراء اختبار بطريقة الجسيمات المغنطة للأجزاء الميكانيكية المختلفة.
- التعرف على كيفية استعمال الأدوات المستخدمة في طريقة الجسيمات المغنطة.
- التعرف على الحالات التي تستخدم فيها طريقة الجسيمات المغنطة.
- إتقان مهارة اكتشاف العيوب الموجودة بالأجزاء الميكانيكية دون إتلافها.

الاحتياطات والأمان

- ارتداء نظارة واقية.
- ارتداء القفازات اليدوية.
- ارتداء كمامة وجه.
- وجود حقيبة إسعافات أولية في مكان الاختبار.

متطلبات التدريب

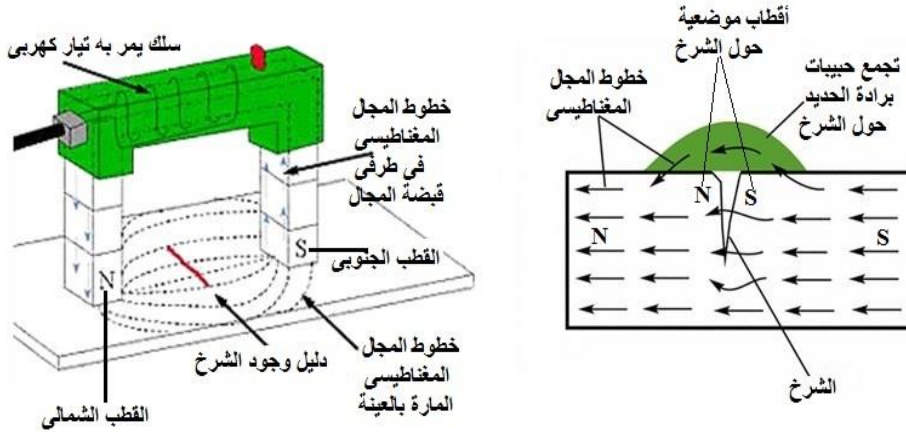
العدد والأدوات	المواد والخامات	نوع
قبضة مولدة للمجال المغناطيسي "Electromagnetic yoke"	قطع معدنية ملحومة وقطع معدنية عادية بحالة جيدة.	١/نوع
برادة الحديد		
رشاش دهان أبيض	قطع غيار قديمة من ورشة العمل.	١/نوع
لوحة اختبار قوة المغناطيس وزنه لا يقل عن ٤,٥ كجم		
مسطرة قياس	خزانات معدنية قديمة يراد اكتشاف شروخ تسريب بها	١/نوع

جدول رقم ٤٢

المعارف المرتبطة بالتدريب

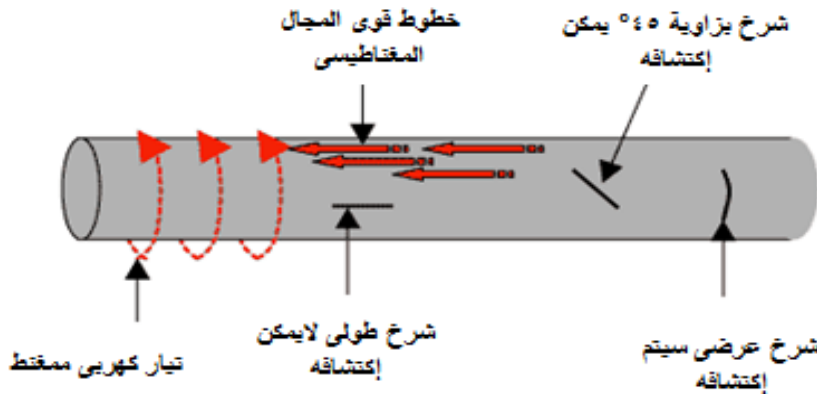
يستخدم الاختبار بطريقة الجسيمات المغنطة في الكشف في عن التشققات والعيوب الموجودة على أسطح المواد الحديدية المغناطيسية أو الواقعة على بعد (٦:٢) ملليمتر تحت السطح مثل اختبار قطع الآلات أثناء الصناعة وفي أثناء الصيانة واختبار اللحامات والمحاور.

فإذا قمنا بنثر برادة الحديد على عينة ما وقمنا بتسليط حقل مغناطيسي في نفس الوقت على سطح العينة فإن برادة الحديد تتشكل حسب خطوط القوى المغناطيسية في المجال المغناطيسي المطبق على العينة ونلاحظ أنها تتجمع بكثرة حول القطب الشمالي والقطب الجنوبي للقضيب للعينة فإذا كان هناك كسر في سطح العينة أو شق/شرخ فإن كلا من جزئي العينة يعمل كمغناطيس مستقل بذاته له قطب شمالي وقطب جنوبي تسمى بالأقطاب الموضعية وبوجود برادة الحديد على السطح فإنها تتجمع حول القطبين الشمالي والجنوبي وكذلك القطبين الموضعيين ولهذا إذا وجد في جسم ممغنط شرخ تام أو حتى جزئي فإن الأقطاب الموضعية التي تتكون نتيجة لذلك تتسبب في تجمع ذرات الحديد حولها الأمر الذي يدل أو يكشف عن موضع الكسر أو الشرخ الموجود بسطح العينة، كما هو موضح في شكل رقم ٩٩



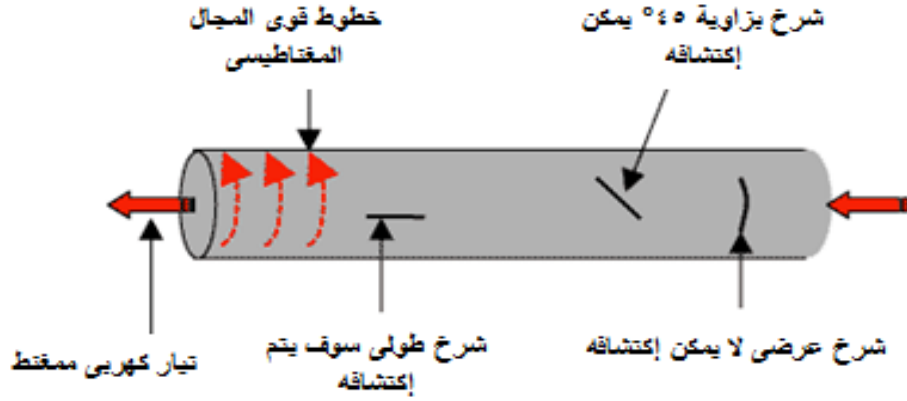
شكل رقم ٩٩: اكتشاف الشرخ في سطح العينة بواسطة برادة الحديد والحقل المغناطيسي.

يتم اختيار اتجاه خطوط الحقل المغناطيسي داخل القطع المراد اختبارها بحيث تتعامد مع العيوب المتوقع وجودها فيها حيث نلجأ إلى تطبيق حقول مغناطيسية طولية (Longitudinal Field) في الكشف عن العيوب ذات الاتجاه المحيطي (Circumferential Flaws) ويتم ذلك بواسطة استخدام دائرة مغناطيسية ذات ثغرة هوائية (Yoke) أو بواسطة وضع القطعة المراد اختبارها داخل ملف يمر فيه تيار متناوب (Coil) كما هو موضح في شكل رقم ١٠٠.



شكل رقم ١٠٠: تطبيق حقول مغناطيسية طولية.

ويتم تطبيق حقول مغناطيسية دائرية (Circular Field) في الكشف عن العيوب الطولية (Longitudinal Flaws) المتواجدة في القطع المراد اختبارها ووفقا للشكل الهندسي الخاص بها حيث يمكن تطبيق الحقول المغناطيسية الدائرية على القطع المراد اختبارها إما بإمرار تيار كهربائي مناسب فيها (Head Shot) أو بوضعها حول ناقل يمر فيه تيار مناسب (Central Conductor) كما هو موضح في شكل رقم ١٠١.



شكل رقم ١٠١: تطبيق الحقول مغناطيسية دائرية.

غالبا ما نطبق كلا من الحقل المغناطيسي الطولي والدائري على العينات المراد اختبارها حتى نكتشف جميع العيوب السطحية والعيوب تحت السطح المحتمل تواجدها بالعيونة، كما يمكننا في هذه الطريقة استخدام الدقائق المغناطيسية الملونة أو الفلورية في الحالتين الجافة والرطبة.

شرح مكونات وطريقة عمل الجهاز:

كما أوضحنا أن اختبار الجسيمات الممغنطة يعتمد على فكرة تعريض السطح المراد فحصه أو اختباره لمجال مغناطيسي (magnetic flux) فعند وجود أي شروخ أو انفصالات سطحية أو قريبة من السطح يتولد حول تلك الشقوق تسريب في خطوط الفيض المغناطيسي مما يؤدي إلى عمل تلك الشقوق كمغناطيس له قطب شمالي وآخر جنوبي "الأقطاب الموضعية". يتم في أثناء ذلك التعريض رش جزيئات قابلة للمغنطة مثل برادة الحديد (magnetic particle) فتتجمع حول الشقوق التي تعمل كمغناطيس نتيجة لتسريب خطوط الفيض المغناطيسي في شكل واضح وذلك يؤدي لاكتشاف الانفصال وموضعه. ويوضح شكل رقم ١٠٢ الأدوات المستخدمة في الاختبار بطريقة الجسيمات الممغنطة. فالأداة الأولى هي جهاز أو قبضة توليد المجال المغناطيسي والتي تولد مجال مغناطيسي في اتجاهين متعامدين (طولي وعرضي) وذلك لتلافي عدم ظهور الشرخ إذا كان اتجاه الشرخ موازي لخطوط الفيض المغناطيسي. وجهاز توليد المجال المغناطيسي الموضح هنا هو من النوع النقال (portable) والمسماى (Yoke) وهو الأكثر استخداما لسهولة حمله والتنقل به وله نوعان نوع يحتاج إلى مصدر كهربائي (Ac Yoke) ونوع آخر لا يحتاج مصدر كهربائي (hand magnetic DC Yoke) ويصنع مجالين مختلفين بتحريكه في وضعين متعامدين. أما الأداة الثانية فهي الجزيئات الممغنطة "برادة الحديد" (manetic particles) ويوجد منها نوعين الجاف والرطب فاجاف يكون برادة حديد ملونة بألوان مختلفة مغايرة للون السطح المختبر للوضوح والدقة أثناء تنفيذ الاختبار.

أما الرطوبة فتكون عبارة عن رش مزيج من برادة الحديد ملونة بلون أسود وسائل دهان لونه أبيض حيث يعمل خلفية بيضاء على السطح وتظهر برادة الحديد باللون الأسود وهو أكثر دقة من النوع الأول الجاف لدقة التباين.



شكل رقم ١٠٢: الأدوات المستخدمة في الاختبار بطريقة الجسيمات الممغنطة.

ويوضح شكل رقم ١٠٣ بعض العينات التي يمكن استخدامها في الاختبار بطريقة الجسيمات الممغنطة.



شكل رقم ١٠٣: العينات التي سيستخدمها الطالب في الاختبار.

مميزات وعيوب الاختبار بطريقة الجسيمات الممغنطة

المميزات:

- ✍ الزمن المستغرق في هذا الاختبار هو أقل من الزمن اللازم في حالة استخدام طريق السوائل النافذة.
- ✍ يمكن لهذه الطريق اكتشاف العيوب القريبة من السطح.
- ✍ شكل وحجم القطعة المختبرة ليس لهما تأثير على نتائج الاختبار
- ✍ الأدوات المستخدمة في الاختبار سهلة الحمل والنقل
- ✍ ليس للسطح الخشن أي تأثير على نتائج الاختبار
- ✍ ليس للدهان أو الطبقات المعدنية غير المغناطيسية الموجودة على سطح المادة تأثير في مغطنة هذه المادة.

العيوب:

- ✍ تستخدم هذه الطريقة في فحص المواد القابلة للمغنطة فقط.
- ✍ تحتاج إلى مستويات عالية من التيار الكهربائي.
- ✍ قد يحدث احتراق لأجزاء القطع المختبرة
- ✍ يجب أن تطبق الحقول المغناطيسية على القطع المراد اختبارها في اتجاهين.
- ✍ يجب إزالة مغطنة القطعة المختبرة بعد انتهاء عملية الفحص.

خطوات تنفيذ التدريب

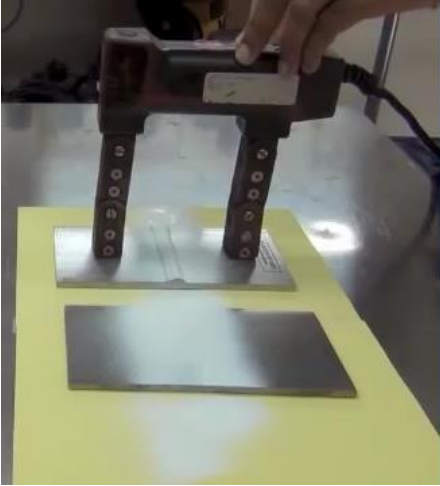


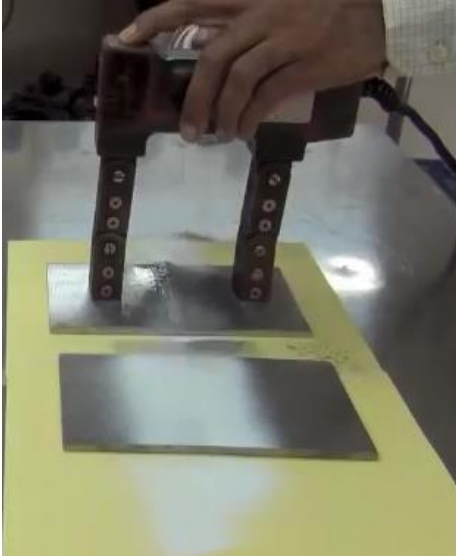
١. يراعى احتياطات الأمان والسلامة داخل معمل اختبار المواد



٢. قم باختبار الجهاز المولد للمجال المغناطيسي والذي هو من نوع (AC Yoke) بتطبيق المجال على لوح اختبار قوة المجال المغناطيسي ثم اجذب الجهاز لأعلى فإذا ارتفع حاملا اللوح معه فهذا دليل أن المجال قوى والجهاز صالح للاستعمال



٣. قم بتجهيز منضدة الاختبار وضع عليها الأدوات التي سوف يتم استعمالها في التجربة

	
<p>٥. قم بتطبيق المجال المغناطيسي على لوحى الاختبار بالتناوب وابدأ باللوح الملحوم</p>	<p>٤. استعمال الدهان الأبيض ورجه جيدا قبل الاستعمال ورشه على لوحى الاختبار الملحوم والعادي</p>
	
<p>٧. قم بتطبيق المجال المغناطيسي على اللوح الثاني غير الملحوم</p>	<p>٦. استعمل عبوة برادة الحديد السمراء ورشها على اللوح الملحوم المطبق عليه المجال المغناطيسي</p>



٨. رش برادة الحديد على اللوح الثاني أثناء تطبيق المجال عليه

شكل رقم ١٠٤



٩. دقق النظر في اللوح الملحوم فإذا وجد به موضع لتجمع برادة الحديد فهذا دليل على وجود شق

إذا وجد شق في اللحام قم بقياسه بالمسطرة.



١٠. قم بملاحظة اللوح الثاني وابحث عن مواضع تجمع برادة الحديد وهي العلامة المميزة على موضع الشرخ الموجود باللوح

شكل رقم ١٠٥

١١. يتم تبديل وضع قطبي جهاز توليد المجال المغناطيسي بحيث يكون وضع القطبين عمودي على الاتجاه المستخدم في الخطوة رقم ٤ وتكرار نفس الخطوات لاكتشاف ما إذا كانت هناك بعض الشروخ أو التشققات التي لم تظهر لوجودها في اتجاه موازي لاتجاه خطوط المجال وبذلك يستطيع الطالب اكتشاف جميع العيوب السطحية الموجودة بعينة الاختبار.
١٢. يقوم الطالب بتكرار نفس الخطوات على عينات أخرى ويتفحص مواضع الشروخ أو الشقوق الموجودة بها ويلتقط صورة لسطح العينة في نهاية الاختبار.
١٣. قم بمقارنة الصور التي التقطتها لأسطح العينات المختبرة والمعلومات التي سجلتها بالجدول مع الصور والمعلومات التي سجلها زملائك مع تسجيل ملاحظاته ومشاهداتك واستنتاجك على كل فحص قمت به.

تسجيل النواتج

اسم العينة	هل يوجد بها شقوق أم لا	عدد الشقوق الموجودة بها	تفاصيل الشقوق الموجودة بالسطح (الموضع-الطول-السمك)

جدول رقم ٤٣

المشاهدات

.....

.....

.....

.....

.....



يقوم المدرب بمراجعة استنتاجات وملاحظات الطلاب ويقوم بتوضيح مزايا وعيوب الاختبار بطريقة الجسيمات الممغنطة وهي كالآتي:

تقييم الأداء

ملاحظات	تحقق		م	معايير الأداء
	لا	نعم		
			١	تم اتباع تعليمات المشرف المسؤول
			٢	التعاون بين الطلبة لإنجاز الشغل المطلوب
			٣	تم التقيد بإجراءات السلامة بنسبة عالية.
			٤	تم إنجاز التجربة بالوقت المطلوب

جدول رقم ٤٤

تقييم الأداء

ملاحظات	تحقق		م	معايير الأداء
	لا	نعم		
			١	يلتزم بإجراءات الأمان والسلامة بنسبة عالية.
			٢	يتعاون بين الطلبة لإنجاز الشغل المطلوب
			٣	ينفذ تعليمات المشرف المسؤول
			٤	ينجز التجربة بالوقت المطلوب
			٥	يرش برادة الحديد بشكل منتظم على العينة
			٦	يكتشف الشروح و الشقوق بسهولة
			٧	يرتب مكان العمل و يعيده لحالته الأصلية

جدول رقم ٤٥

توقيع المدرب

الاسم: التوقيع: التاريخ:

الاختبار العملي

في نهاية التدريب العملي يعطى المتدرب:

☞ قطعة معدنية حديدية ملحومة

☞ جهاز توليد المجال المغناطيسي

ينبغي أن يكون المتدرب قادرا على أن يقوم بالاتي في زمن ١٠ دقيقة:

☞ إجراء اختبار الجسيمات الممغنطة لقطع معدنية ملحومة

الأسئلة النظرية

١. عرف كثافة المادة
٢. عرف الكثافة النوعية Specific density
٣. علم بصح أو خطأ على العبارات التالية
 - أ. تطفو المواد إذا كانت كثافتها النوعية اقل من الواحد ()
 - ب. تغطس أي مادة في الماء إذا كانت كثافتها اقل من كثافة الماء ()
 - ج. المواد التي كثافتها اقل من كثافة الماء تطفو فوق سطح الماء ()
 - د. وحدة الكثافة النوعية (كجم/م^٣) ()
 - هـ. وحدة الكثافة (كجم/م^٣) ()
 - و. كثافة الزيوت اقل من كثافة الماء ()
 - ز. كثافة المعادن اقل من كثافة الماء ()
٤. أكمل النقاط الآتية :
 - أ. في الاختبارات يتم إتلاف العينة المختبرة بينما في الاختبارات يتم الحفاظ على سلامة العينة المختبرة.
 - ب. في النظام العالمي لوحدات القياس يقاس الطول بينما تقاس بالكيلوجرام
 - ج. يعتبر،، مواد مولدة للطاقة ، بينما يعتبر، مواد معدنية.
 - هـ. عرف كلا مما يأتي:
 - أ. المرونة
 - ب. اللدونة
 - ج. المطيلية
 - د. الصلادة
 - هـ. المتانة
 - و. القصافة
 ٦. علل أهمية معرفة الخواص الميكانيكية للمواد الهندسية
 ٧. حدد أنواع الاختبارات الميكانيكية للمواد
 ٨. ما هي الخواص المختلفة للمواد الهندسية
 ٩. علل أهمية إجراء اختبار الشد للمواد الهندسية

١٠. ماهي المواصفات القياسية للعينه الخاضعة لاختبار الشد؟
١١. حدد أشكال نهايات العينات المستخدمة في اختبار الشد
١٢. ماهي الشروط الواجب توافرها في عينات اختبار الضغط للمعادن؟
١٣. متى يستخدم اختبار الضغط للمعادن؟
١٤. أذكر ثلاث طرق للتغلب على الاحتكاك بين سطحي نهايتي العينة المختبرة وفكي جهاز اختبار الضغط
١٥. عرف أنواع العينات القياسية المستخدمة في اختبار الضغط للمعادن
١٦. اذكر الأنواع المختلفة للصلادة
١٧. ما هي التطبيقات التي يستفاد في صناعتها من معرفة قيمة صلادة العلامة، ولماذا؟
١٨. علل أهمية إجراء اختبار الصلادة للمعادن
١٩. أذكر ثلاث طرق لإجراء اختبار الصلادة للمعادن
٢٠. اذكر العلاقة التي يمكن حساب رقم برينل للصلادة بها
٢١. أذكر الاحتياطات التي يجب مراعاتها عند إجراء اختبار برينل للصلادة
٢٢. حدد الحالات التي تؤدي إلى الخطأ في نتائج اختبار برينل للصلادة
٢٣. ماهي العلاقة بين رقم برنل للصلادة وبين مقاومة الشد للمعادن (كجم/مم^٢)؟
٢٤. اذكر بعض مزايا استخدام جهاز فيكرز لاختبار صلادة العلامة للمعادن
٢٥. اذكر العلاقة التي يمكن حساب رقم فيكرز صلادة
٢٦. هل هناك مواصفات قياسية خاصة بالعينات المستخدمة في اختبار الالتواء؟
٢٧. لماذا يجب أن يكون قطر نهايتي العينة المستخدمة في اختبار الالتواء أكبر من قطر مقطعها؟
٢٨. ما هي المعلومات التي نحصل عليها من إجراء اختبار الالتواء؟
٢٩. أذكر ثلاث حالات من حالات عزوم الالتواء
٣٠. ما هو المقصود بمتانة للمادة؟
٣١. هل يستغرق اختبار الصدم وقت طويل
٣٢. علل أهمية إجراء اختبار الصدم للمواد.
٣٣. ماهي أنواع اختبار الصدم؟
٣٤. اذكر العلاقة التي تحسب بها طاقة الصدم في اختبار تشاربي للصدم
٣٥. ماهي العوامل التي تؤثر على نتائج اختبار الصدم للمواد؟
٣٦. كيف يؤثر كلا من شكل وحز العينة المستخدمة في اختبار التصادم على نتائج الاختبار
٣٧. عرف عملية القص
٣٨. عرف الاختبارات الغير متلفة

٣٩. حدد مجالات استخدام الاختبار الائتلافية
٤٠. ماهي فوائد استخدام الاختبارات الائتلافية؟
٤١. أذكر أنواع العيوب المختلفة التي تستطيع الاختبارات الائتلافية اكتشافها
٤٢. اذكر بعض أنواع الاختبارات الائتلافية الأكثر انتشارا
٤٣. ماهي الأدوات التي تستخدم في طريقة الفحص البصري؟
٤٤. أذكر مميزات الاختبار بطريقة الفحص البصري
٤٥. أذكر عيوب الاختبار بطريقة الفحص البصري
٤٦. متى يتم استخدام أداة البيرسكوب في طريقة الفحص البصري؟
٤٧. ما هو الهدف من استخدام الاختبار بطريقة السوائل النافذة؟
٤٨. ما هي أنواع السوائل المستخدمة في اختبار بطريق السوائل
٤٩. أذكر بعض مميزات الاختبار بطريقة السوائل النافذة
٥٠. أذكر بعض عيوب الاختبار بطريقة السوائل النافذة
٥١. ما هي استخدامات الاختبار بطريقة الجسيمات الممغنطة؟
٥٢. حدد بعض مميزات الاختبار بطريقة الجسيمات الممغنطة
٥٣. حدد بعض عيوب الاختبار بطريقة الجسيمات الممغنطة

الأسئلة العملية

١. بين بالرسم الثلاثة مناطق الرئيسية في منحنى الإجهاد والانفعال (Stress-Strain Curve) للمواد المعدنية. وكذلك الإجهادات الأساسية على المنحنى
٢. اشرح بالرسم فقط منحنيات الإجهاد والانفعال للمواد الهندسية المختلفة (المطيلة-نصف المطيلة-القصفة-المواد ذات المرونة العالية)
٣. احسب مقدار كلا من الانفعال الهندسي والانفعال الحقيقي الحادث لعينة خاضعة لاختبار شد إذا كانت العينة أسطوانية الشكل وكان طولها قبل الاختبار هو 200 mm وكان مقدار الاستطالة هو 600 mm.
٤. عينة من النحاس قطرها 25 mm وطولها 100 mm تم عمل اختبار شد لها فكانت النتائج كالآتي:

10	8.6	6.5	4	الحمل (Ton)
2.91	2.35	0.17	0.1	الاستطالة (mm)

٥. ارسم منحنى الحمل والاستطالة ثم احسب الآتي:
 - إجهاد الخضوع
 - مقاومة الشد
 - النسبة المئوية للاستطالة
٦. عينة من الكروم مقطعها مستطيل الشكل طول عرضه ٤ سم، تم تحميلها بقوة مقدارها ١٧ طن أثناء اختبار الضغط. فإذا كانت قيمة الإجهاد المتولد من هذا الضغط 15 Kg/mm² فاحسب طول مقطع العينة
٧. أثناء عمل اختبارا للضغط لعينة من الصلب المسبوك مساحة مقطعها 12cm² وطولها 215 mm. فسجلت النتائج التالية بين الحمل والانضغاط أثناء الاختبار:

26000	19150	11500	9100	3000	2900	0	الحمل Kg
0.59	0.37	0.225	0.189	0.154	0.0632	0	الانضغاط mm

- أ. أوجد قيم الإجهاد والانفعال للنقاط التي تم لها تسجيل الحمل والانضغاط.
- ب. احسب إجهاد الكسر.
٨. ارسم المسنن المستخدم في قياس الصلادة بطريقة فيكرز مع بيان الاثر للمسنن
٩. ارسم المسنن المستخدم في قياس الصلادة بطريقة فيكرز مع بيان الاثر للمسنن

١٠. اذكر مواصفات العينات القياسية في اختبار تشاربي
١١. مسمار قطرة ١٢ مم من حديد ذو إجهاد قص ٤٢ ك نيوتن/مم^٢ احسب قوى القص التي ممكن أن يتحملها المسمار قبل حدوث القص shear. ثم احسب إجهاد الأسناد المؤثر على حافة التلامس (Bearing Stress) بين وصلات المسمار.
١٢. ما هي أشكال الكسر في عينات المعادن المطيلة الخاضعة لاختبار الالتواء؟

قاموس المصطلحات

المعنى باللغة العربية	English Word
اختبار برينل للصلادة وهو اختبار يتم على المعادن لقياس صلادة العلامة للمعادن	Brinell Hardness Test
القصفة وهي الهشاشة أو القابلية للكسر تحديدا عند التعرض لقوة أو إجهاد، دون أي انفعال سابق للكسر مثلا	Brittleness
اختبار تشاربي للصدم وهو اختبار يتم على المعادن لقياس مدى متانتها	Charpy Impact Test
حقول مغناطيسية دائرية ويتم تطبيقها حول جسم العينة المختبرة أي أنها تكون في الاتجاه العرضي للعينة المختبرة.	Circular Field
السائل المنظف الذي يستخدم لتنظيف أسطح العينات المختربة	Cleaner Liquid
اختبار الضغط والغرض الأساسي من إجراء اختبارات الضغط للمواد المعدنية وغير المعدنية هو بيان الخواص الميكانيكية لهذه المواد في الضغط فمثلا في المواد المطيلة تتمكن من تعيين بعض الخواص مثل إجهاد الخضوع والرجوعية المرنة وكذلك معامل المرونة. أما بالنسبة للمواد القصفة فيتم تعيين مقاومة الضغط القصوى.	Compression test
الاختبارات الانتلافية للمواد وفيها تتلف العينة ولا يتم الحفاظ على سلامتها مثل الثني والكسر والخدش.... إلخ وأهمها; اختبار الشد Tension Test اختبار الضغط Compression Test اختبار الصلادة Hardness Test اختبار الصدم Impact Test اختبار الالتواء Torsion Test إلخ...	Destructive Testing

المعنى باللغة العربية	English Word
<p>الاختبارات الاتلافية للمواد وهي اختبارات تتم على المواد الهندسية وفيها تتلف العينة ولا يتم الحفاظ على سلامتها مثل الثني والكسر والخدش.... إلخ وأهمها;</p> <p>اختبار الشد Tension Test</p> <p>اختبار الضغط Compression Test</p> <p>اختبار الصلادة Hardness Test</p> <p>اختبار الصدم Impact Test</p> <p>اختبار الالتواء Torsion Test ... إلخ</p>	Destructive Testing
<p>السائل المظهر وهو سائل يتم رشه على سطح العينة، بعد رش السائل المخترق بحوالي عشرة دقائق لإخراج السائل المخترق من الشروخ والتشققات الموجودة بالسطح بهدف تحديد أماكن العيوب المتواجدة بسطح العينة</p>	Developer Liquid
<p>المطيلية وهي قابلية المادة للاستطالة عند شدتها وتقاس هذه الخاصية بمقدار الزيادة في طول العينة أو النقص في مساحة مقطعها (الذهب من أطرى المعادن ثم الفضة والبلاتين).</p>	Ductility
<p>حد المرونة هو أقصى إجهاد يتحملة المعدن مع عدم بقاء انفعال لدن بعد إزالة هذا الحمل أي لا يحصل تشكل دائم بعد إزالة الحمل</p>	Elastic Limit
<p>المرونة وهي عبارة عن قدرة المادة على استعادة شكلها الأصلي، وأبعادها الأصلية، بعد زوال القوى المؤثرة عليها.</p>	Elasticity
<p>المواد المولدة للطاقة مثل الوقود ومواد الطاقة الذرية.</p>	Energy Producing Materials
<p>إجهاد الكسر وهو الإجهاد الذي يحصل عنده كسر للعينة أي تفصل العينة إلى قطعتين وهو ممثل في الشكل بالنقطة (E) ويرمز إليه ب σ_F.</p>	Fracture Strength

المعنى باللغة العربية	English Word
الصلادة ووهي قدرة المادة على مقاومة الخدش، والتغلغل، والتآكل. أي أن صلادة المادة هي الخاصية التي تمكنها من الاحتفاظ بشكل سطحها سليما متماسكا تحت تأثير الأحمال، كما تعرف الصلادة بأنها قدرة المادة على مقاومة البرى نتيجة الاحتكاك أو المقاومة للخدش أو القطع أو حدوث علامة بها.	Hardness
اختبار "الصدمة" وهو عبارة عن اختبار يتم إجرائه على عينة من المادة المراد قياس خاصية المتانة لها عن طريق التأثير عليها بقوة صدم "حمل الصدم" بواسطة كتلة كبيرة نسبيا متحركة ويتم التأثير أو التحميل على العينة بطريقة فجائية لذا فهذا الاختبار يستغرق فترة قصيرة جدا من الزمن.	Impact test
اختبار أيزود للصدمة وهو اختبار يتم على المعادن لقياس مدى متانتها	Izod Test
الاختبار بالسوائل النافذة أو المخترقة وهو يندرج تحت قائمة الاختبارات الغير متلفة للمواد. وتستخدم هذه الطريقة في الكشف عن العيوب السطحية في العينة كالشروخ والتشققات المفتوحة على السطح والتي لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة حتى من مرتبة الميكروتر. ويمكن استخدام هذه الطريقة مع جميع المعادن وحتى يمكن استخدامها في حالة السيراميك والبلاستيك المسامية	Liquid Penetrant Inspection
حقول طولية للمجال المغناطيسي أي أنها تكون في الاتجاه الطولي للعينة المختبرة	Longitudinal Magnetic Field
الاختبار بالجسيمات الممغنطة وهو يندرج تحت قائمة الاختبارات الغير متلفة للمواد. ويستخدم هذا الاختبار في الكشف في عن التشققات والعيوب الموجودة على أسطح المواد الحديدية المغناطيسية أو الواقعة على بعد (٢:٦) ملليمتر تحت السطح مثل اختبار قطع الآلات أثناء الصناعة وفي أثناء الصيانة واختبار اللحامات والمحاور.	Magnetic Particle Test
الطروقية ووهي الاستجابة أو المطاوعة للطرق، أو الضغط، أو حتى العصر باستخدام الدرافيل. أو أنها قدرة المادة على التفلطح بالطرق دون حدوث كسر.	Malleability

المعنى باللغة العربية	English Word
<p>مواد معدنية وتنقسم إلى نوعين:</p> <p>أ-معادن حديدية (Ferrous Metals) مثل الصلب – الحديد الزهر – الحديد المطاوع – الفولاذ..... وغيرها</p> <p>ب-معادن غير حديدية (Non Ferrous Metals): مثل الألمونيوم – النحاس – النيكل – الكروم – الرصاص.... وغيرها</p>	Metallic Material
<p>الاختبارات غير الإتلافية للمواد وهي اختبارات تتم على المواد الهندسية وفيها تختبر العينة دون إتلافها مع المحافظة على سلامتها وأهمها: الاختبار بالفحص البصري (Visual Inspection)</p> <p>اختبار بمخترق السوائل (Liquid Penetrant Inspection)</p> <p>اختبار التسرب (Leak Test)</p> <p>الاختبار بالجزيئات المغناطيسية (Magnetic Particles Test)</p> <p>الاختبارات بالأشعة (Radiographic Test)</p> <p>الاختبارات بالموجات فوق الصوتية (Ultrasonic Test)</p> <p>الاختبارات بالتيارات الدوامية (Eddy Current Test)</p>	Non Destructive Testing
<p>المواد غير المعدنية وتنقسم إلى نوعين:</p> <p>أ-مواد البناء: - الأحجار – الأسمنت – الجبس – الخشب..... وغيرها</p> <p>ب-مواد متنوعة:- مثل المواد البلاستيكية بكل أنواعها كالأرتلون Artleon والبريسبكس Perspex – مواد التقوية كالألياف الكربونية – المواد الذكية كالبيزو والكتريك..... وغيرها</p>	Non-Metallic Materials
<p>السائل المخترق الذي يستخدم لاخترق أماكن التشققات والشروخ الموجودة بأسطح العينات المخترقة</p>	Penetrant Liquid
<p>اللدونة وهي عبارة عن قدرة المادة على الاحتفاظ بشكلها الكامل أو الدائم، بعد حدوث التشوه الناتج عن القوى المؤثرة عليها.</p>	Plasticity

المعنى باللغة العربية	English Word
إجهاد الضمان وهو الإجهاد الذي يحدث في قطعة الاختبار أثناء تحميلها استتالة لا تناسبية مساوية لنسبة مئوية محددة من طول القياس. وهو أيضا إجهاد يعبر عن مقاومة المعدن في حد المرونة وخصوصا للمعادن التي ليس منطقة خضوع على منحنى الإجهاد والانفعال	Proof stress
الرجوعية وهي قدرة المادة على امتصاص الطاقة المرنة التي تختفي تماما بعد زوال الحمل المؤثر. أي أنها تمثل مدى كفاءة المعدن في امتصاص الطاقة الناتجة عن الإجهادات المبدولة.	Resilience
الرجوعية وهي الطاقة التي يمكن للمعدن أن يخترنوها عند التحميل ثم يرجعها ثانية بعد إزالة التحميل في حدود المرونة فقط وتسمى أيضا بالطاقة المرنة. الرجوعية = $\frac{1}{2}$ (الحمل المقابل لحد التناسب \times الاستتالة عند حد التناسب)	Resilience
الصلابة أو الكزازة وهي خاصية مقاومة المادة لأي نوع من التغير في الشكل، وتعرف المادة الصلبة بأنها تتحمل أحمال عالية مع حدوث تغير صغير نسبيا في الشكل.	Stiffness
المقاومة وهي قدرة المادة على مقاومة الحمل أو القوى المؤثرة عليها، فتسمى مقاومة الشد إذا كان الحمل المؤثر هو حمل الشد وتسمى مقاومة الضغط إذا كان الحمل المؤثر هو حمل الضغط..... وهكذا.	Strength
منحنى الإجهاد والانفعال هو منحنى يوضح العلاقة بين الإجهاد والانفعال للمواد المختلفة. ويتم رسم هذا المنحنى عن طريق إجراء اختبار الشد لعينة من المادة	Stress-Strain Curve
اختبار الشد وهو عملية تجرى على قطعة/عينة اختبار لتعيين خواصها تحت تأثير حمل الشد المحوري في اتجاه واحد حيث ينطبق اتجاه الحمل على المحور الطولي للعينة المختبرة. ويكون التحميل تدريجيا، يبدأ من الصفر ويزداد حتى حدوث الكسر بالعينة	Tensile Test

المعنى باللغة العربية	English Word
المتانة وهي الخاصية التي تمكن من المادة من مقاومة الصدمات والإجهادات وأن تتشكل دون كسر. وهي أيضا قدرة المادة على مقاومة الصدمات وامتصاص الطاقة الميكانيكية.	Toughness
اختبار فيكرز للصلادة وهو اختبار يتم على المعادن لقياس صلادة العلامة لها	Hardness Vickers Test
الاختبار بالفحص البصري ويعتبر أيضا طريقة مكتملة لكل طرق الاختبارات الائتلافية الأخرى حيث يتم تطبيقها أولا قبل أي طريقة اختبار أخرى في الكشف عن العديد من العيوب في الملحومات والمصبوبات والمشغولات والمكونات المعالجة حراريا.	Visual Inspection
إجهاد الخضوع هو الإجهاد الذي يحدث عنده زيادة ملحوظة في الاستطالة بدون زيادة في الحمل أي أن الانفعال يزداد بدون زيادة في الإجهاد. وفي هذه النقطة يتم عندها التحول من الانفعال المرن إلى الانفعال اللدن أي نستطيع أن نلخصها بأنها حالة نهاية المرونة وبداية اللدونة للمعدن.	Yield Stress
ويقصد بها جهاز أو أداة توليد المجال المغناطيسي المستخدمة في الاختبارات الائتلافية	Yoke
معامل المرونة وهو العلاقة التي تربط بين الإجهاد والانفعال المهندسين	Young's Modulus

قائمة المراجع

١. كتاب خواص المواد واختباراتها (أ.د. محمود إمام - أم.د/ محمد مهدي - د/ محمد أمين)
٢. التيارات الدوامية المستوى الأول (البرنامج النظري والعملي في الاختبارات الانتلافية) (أ.د. حسن إبراهيم شعبان - أ.د. جمال محمد عاشور الدرويش)
3. Handbook of Materials Selection, MYER KUTZ
4. 1982, English, Book, Illustrated edition: The testing of engineering materials / Harmer E. Davis, George Earl Troxell, George F.W. Hauck. Davis, Harmer Elmer, 1905-
5. MaterialsScience2000, www.Youtube.com channel
6. Anmol Birring youtube channel