1.2 الخواص الفيزياوية والميكانيكية للمعادن

ان الخواص الفيزياوية والميكانيكية، للمواد الهندسية تحدد مدى صلاحية هذه المواد لعمليات الانتاج التشغيلية والتشكيلية ،كما ان معرفة هذه الخواص وامكانية قياسها وخاصتا الخواص الميكانيكية ،تلعب دورا كبيرا في اختيار المواد الملائمة لأغراض معينة ،وفي التغلب على المشاكل التي قد تنتج خلال تشغيل هذه المواد وتشكيلها .

ان اهم الخواص التي تميز المعادن عن غيرها من المواد الهندسية هي :

1. البنية البلورية او الحبيبية .
2. التوصيل الحراري والكهربائي الجيدين .
3. القابلية على التشكيل او التشويه اللدن .
4. التمدد والتقلص الحراريين .

2.2 الخواص الفيزياوية للمعادن Physical Properties

تمتاز المعادن بلمعانها وعدم شفافيتها وتختلف المواد المعدنية عن المواد غير المعدنية في الكثير من النقاط أهمها :

1. الكثافة Density

المواد المعدنية عالية الكثافة مقارنة بالمواد الغير معدنية وهي تختلف في أوزانها النوعية اختلافا كليا فلكل معدن من المعادن الثقل النوعي الخاص به ، وهي تقسم بصورة عامة الى معادن ثقيلة وهي التي يتراوح وزنها النوعي بين (7 و11) أو أكثر ،والى معادن خفيفة وهي التي يقل ثقلها النوعي عن (4) .

2. التوصيل الحراري Thermal Conductivity

ان جميع المعادن لها القدرة على توصيل الحرارة ولكنها تختلف في قابليتها هذه ،باختلاف تركيبها البلوري ،وأول المعادن من حيث قابليتها على توصيل الحرارة ،هو الفضة ويليها النحاس والالمنيوم ،كما ان نقل المعدن للحرارة يرفع من درجة حرارته وهذا مما يقلل من قوة تماسك جزيئاته ،وهو يؤدي بدورة الى تقليل مقاومة المعدن للإجهادات المختلفة كالضغط والسحب والحني واللي .

3. التوصيل الكهربائي Electric Conductivity

لجميع المعادن قابلية على التوصيل الكهربائي ،وتزداد هذه القابلية بانخفاض درجة الحرارة ،فالمعادن تختلف في قابليتها على التوصيل الكهربائي ،فبعض المعادن لها توصيلية كهربائية عالية وان اول المعادن من حيث هذه الخاصية هو الفضة ويليها النحاس والذهب والالمنيوم .كما ان مرور التيار الكهربائي في المعادن يرفع من درجة حرارتها فتقل بذلك قوة التماسك وعلى ذلك تقل مقاومته للإجهادات .

4. الميوعة fluidity

وهي قابلية المعدن على السيولة والانسياب عند درجات الحرارة العالية ، وتمتاز اغلب المعادن بانها ذات درجة انسياب عالية عند درجات الحرارة العالية، ماعدا الزئبق فهو مائع عند درجة حرارة الغرفة، ويستفاد من معرفتها في اعمال السباكة .

5. الانصهار المحلي fusibility

وهي قابلية المعدن على الانصهار عند نقاط محددة اذا سلطت على هذه النقط حرارة عالية ويستفاد من هذه الخاصية في عمليات اللحام المختلفة.

كما توجد بعض الخواص الفيزياوية المهمة مثل الانعكاس الضوئي، فمعظم المعادن تعكس الاشعة الضوئية ،لذا فان لونها الطبيعي ابيض او اقرب ما يكون الى البياض ويشذ عن ذلك النحاس والذهب بينما كثير من المواد غير المعدنية لا تعكس الضوء ،والمعادن صعبة الاختراق بواسطة الاشعة السينية بينما اغلب المواد غير المعدنية تسمح بنفاد الاشعة السينية بالإضافة القابلية على المغنطة لمعظمها .

3.2 الخواص الميكانيكية للمواد المعدنية Mechanical Properties

تحدد الخواص الميكانيكية، قدرة المواد على مقاومة تغير شكلها ،وانهيارها عند وقوعها تحت تأثير القوى الخارجية ،وتتوقف هذه الخواص على نوع المادة وطريقة تشغيلها وبنيانها الداخلي وشكل المصنوعة وعلى عدد من العوامل الاخرى. واهم الخواص الميكانيكية للمعادن هي:

1.المطيلية Ductility

وترمز الى قدرة المعدن على تقبل التغير في شكله تحت تأثير قوى الشد(Tension) او الانحناء (Bending) او السحب (Drawing) بدون حدوث الكسر، كما في عمليات سحب الاسلاك وسحب الانابيب .

2.الطروقية Malleability

وترمز الى قدرة المادة على قبول التغير في شكلها تحت تأثير الضغط (Compression) ،وقابلية الطرق هي الخاصية التي تساعد الجسم على التمدد بصفة ثابتة في جميع الاتجاهات دون ان ينكسر من جراء تعرضه لقوة الضغط ،وعليه فأن المعادن القابلة للطرق (Forgable) هي التي يمكن طرقها بالمطارق او درفلتها الى اي شكل من الاشكال دون ان تنكسر ،مثل حدادة الفولاذ على الساخن و درفلته الى اي شكل من الاشكال .

3.المتانة Toughness

وترمز الى قابلية المادة على مقاومة الانهيار تحت تأثير القوى والعزوم الخارجية .

4.قابلية الانشطار Divisibility

وهي قابلية المعدن على نزع اجزاء منه بطريق القص تحت تأثير الاحمال العالية كما هو الحال في عمليات ازالة الرايش المختلفة (الخراطة ،التفريز ،القشط).

5.الصلادة Hardness

وهي مقاومة المعدن لاختراق الاجسام الاخرى فيه وهذه الخاصية ضرورية للآلات القاطعة .

كما توجد خواص ميكانيكية اخرى منها **الزحف (Creep)**، وهي الظاهرة التي يستطيل عندها المعدن تحت تأثير قوة ثابتة ،اذ تؤخذ تأثيرات الزحف بجدية شديدة خاصتا عند تصميم توربينات الغاز والبخار التي تعمل عند درجات الحرارة العالية حيث يسهل الزحف .

كما توجد خاصية او ظاهرة الكلال (Fatigue) وهي ظاهرة انكسار المعدن تحت تأثير الاجهادات المتكررة او المتغيرة الاتجاه (بالكسر الكلالي) للمعادن .ويمكن ان يحدث الكسر الكلالي عند اجهادات تقل كثيرا عن المقاومة القصوى وقد تقل حتى عن مقدار حد الانسياب وتسمى قدرة المعدن على مقاومة الانكسار في هذه الظروف (بمقاومة الكلال) والسبب في كلال المعادن هو الانزلاقات التي تحدث في الحبيبات البلورية الموجودة في اسوأ وضع بالنسبة للقوى المؤثرة وتساعد هذه الانزلاقات على تكوين شقوق بالغة الدقة ،تزداد تدريجيا تحت تأثير التحميل المتكرر او المتغير الاتجاه .

تحدث ظاهرة الكلال كما بينت التجارب عند تخطي اجهاد الكلال لحد الكلال للمادة **وحد الكلال (Fatigue Limit)** هو اكبر اجهاد تتحمله المادة خلال عدد معين من دورات التحميل دون ان تنكسر وهناك عدد كبير من الماكنات الخاصة لاختبار مقاومة الكلال عند الانثناء والشد واللي .

اسئلة للمراجعة

س1/عرف الخواص الميكانيكية التالية :
1- المرونة 2- اللدونة 3- مقاومة الخضوع 4- مقاومة الشد
س2/ما المقصود بالتقصف ؟
س3/وضح كيف يحصل الكلال ؟

4.2 الاختبارات الميكانيكية Mechanical Testes

الغرض من اجراء الاختبارات الميكانيكية للمواد المعدنية ،هو تحديد قيم عددية تعبر عن الخواص الميكانيكية الاساسية لمعرفة خواص المواد المطلوب تصنيعها او انتاجها واهم الاختبارات الميكانيكية:

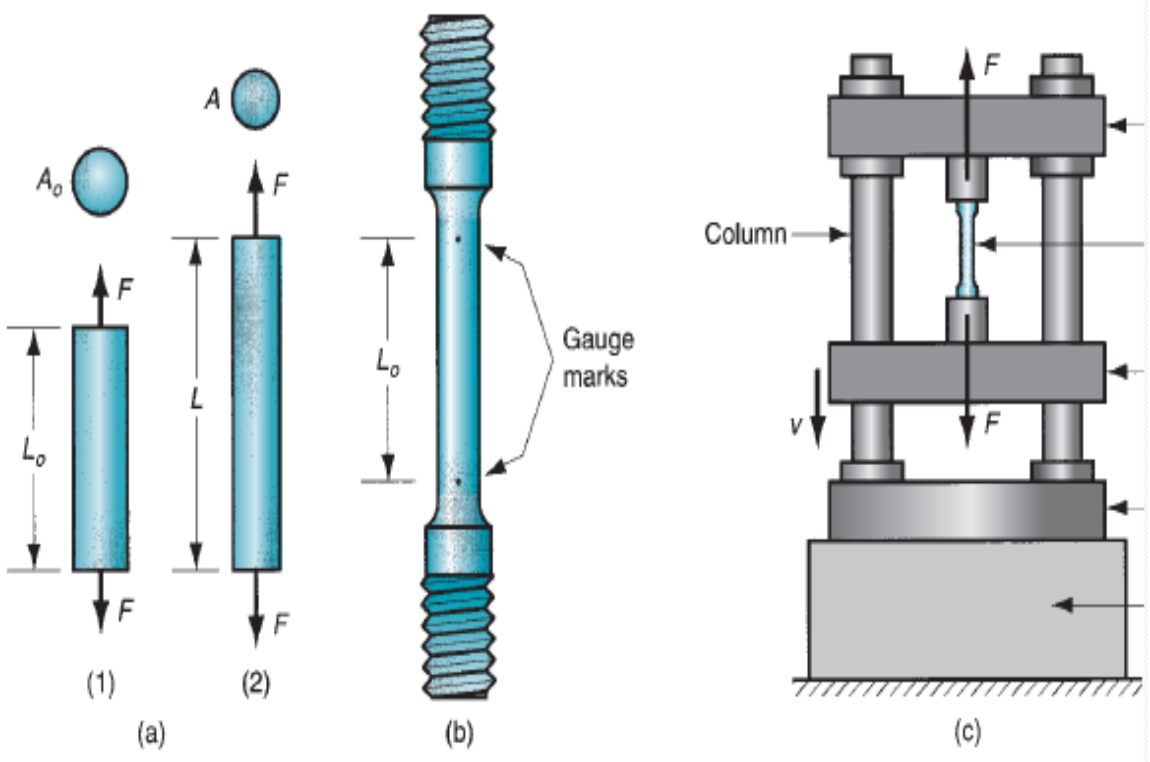
1.4.2 اختبار الشد Tension Test

المقصود باختبار الشد هو الاختبار الذي يتم بتسليط حمل شد متزايد على عينه تم تحضيرها مسبقا ،وذلك بمسك طرفيها بمعدات خاصة وتسليط الحمل بشكل محوري وبصورة متعاكسة ،وبذلك يزداد طول العينة نتيجة لهذا الشد او السحب .واختبار الشد والانضغاط هو اكثر الاختبارات شيوعا وبساطة ،والمعلومات التي يتم الحصول عليها من هذه الاختبار ذات اهمية خاصة في التصميم ،وملائمة للمسبوكات والمطروقات والمعادن المدرفلة حديدية او غير حديدية .الخواص التي يمكن الحصول عليها في هذا الاختبار هي مقاومة الخضوع Yield Strength ،اقصى مقاومة Tensile Strength ،المطيلية ونوع الكسر. و بالإمكان ايضا الحصول على العلاقة بين والاجهاد والانفعال ومعامل المرونة وغيرها من الخواص الميكانيكية.

2. 1. 1.4 طريقة الاختبار Procedure Test

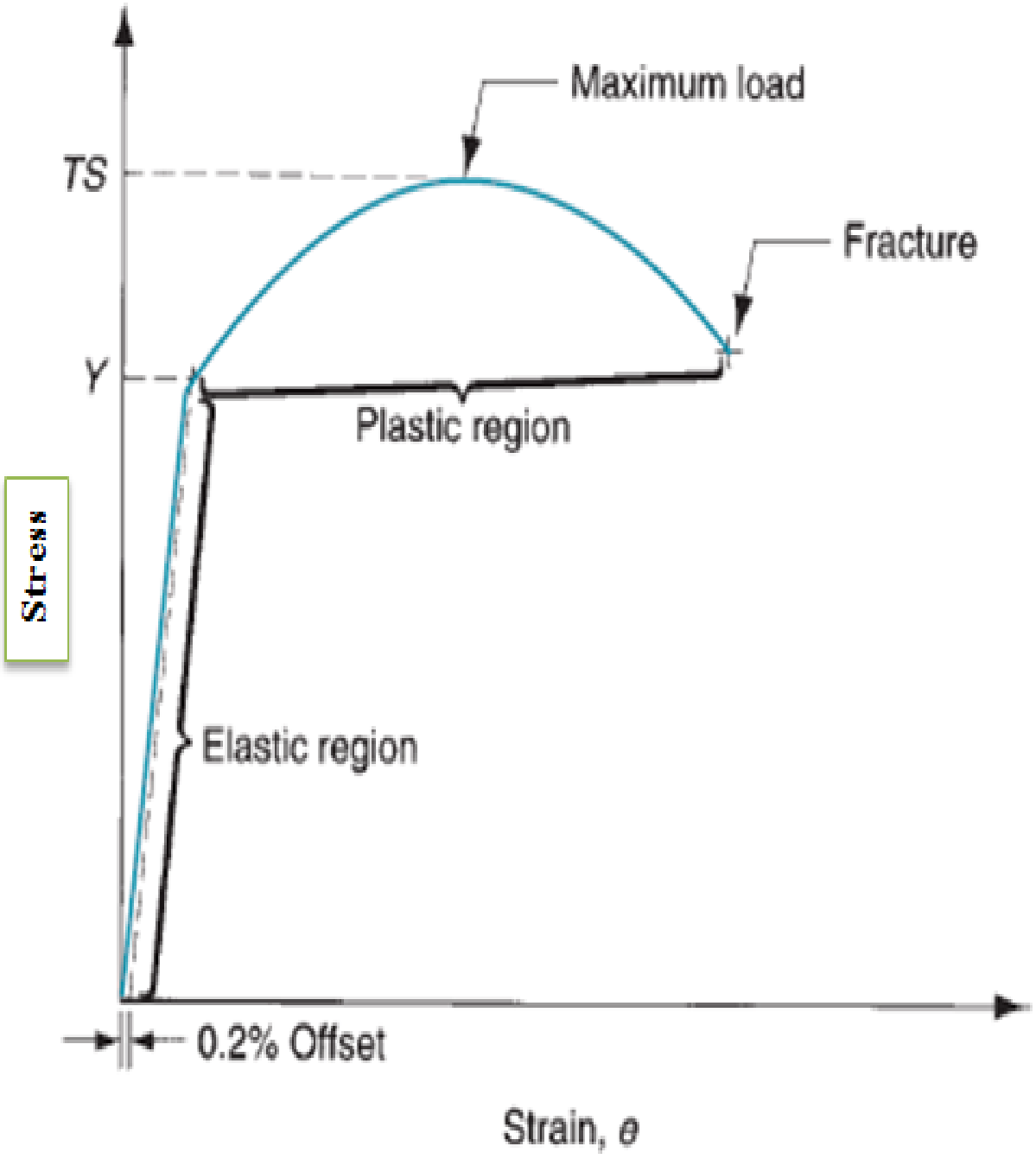
يعتبر الشد اختبارا سكونيا من حيث طريقة التحميل وعلاقة الحمل بالزمن ،وتجهز لهذا الغرض عينات نمطية ذات شكل وابعاد قياسية كما مبين في الشكل(2-1) ادناه والذي يبين عينات الشد وطريقة وضعها بين فكي ماكنة الشد الخاصة التي تؤثر عليها بقوى شد متزايدة .

وقبل بدء الفحص يتم تثبيت الطول الاصلي (L_O) والمساحة الاصلية (A_O) للنموذج وباستمرار عملية الشد تقاس الكميات الاتية :1.طول العينة (L) 2.مساحة مقطع العينة (A) 3.مقدار قوة الشد (F) وخلال الفحص ينمط (stretches)النموذج ويتعنق (necks) وفي النهاية يتعرض الى كسر(fractures).



شكل (2-1)
عينات الشد وطريقة وضعها على ماكينة الشد

يتم تسجيل الحمل والتغير في الطول لرسم العلاقة بين الاجهاد (Stress) والانفعال (strain) لاحظ الشكل (2-2) والذي يمثل مخطط العلاقة بين الاجهاد والانفعال الناتج من اجراء الاختبار.



شكل (2-2)
مخطط الاجهاد والانفعال

2 .1.4.2 نتائج اختبار الشد

1.معامل المرونة E (Modulus of elasticity)

معمل المرونة او معامل يونج Young's Modulus ،هو قيمة الزيادة في الاجهاد (S) مقسومة على الانفعال (e) المقابل له وذلك في منطقة المرونة ويعبر عنه بوحدة الاجهاد اي :

$$E = s / e$$

$$s = \frac{F}{A_o}$$

حيث:

(*s*) هو الاجهاد الهندسي ويقاس بـ (MPa) ،و (F) هي القوة المسلطة في الاختبار وتقاس بـ (N) ،و (A_o) هي المساحة الاصلية لنموذج الفحص وتقاس بـ (mm^2) ،و**(*e*)** الانفعال الهندسي عند اي نقطه في الاختبار ويحسب وفق العلاقة :

$$e = \frac{L - L_o}{L_o}$$

حيث :

(L) الطول عند اي نقطة اثناء الاستطالة بـ (mm) ،و(L_o) الطول الاصلي القياسي بـ (mm) .

وعند الحصول على قيم معامل يونك (E) من هذا الاختبار تقارن بالقيم المجدولة في الجدول (2-1) ادناه لتحديد مدى ملائمة المعدن المختار لعملية التصنيع .

جدول (2-1)

معامل المرونة لبعض المواد الهندسية

Metals	Modulus of Elasticity MPa	Modulus of Elasticity lb/in^2	Ceramics and Polymers	Modulus of Elasticity MPa	Modulus of Elasticity lb/in^2
Aluminum and alloys	69×10^3	10×10^6	Alumina	345×10^3	50×10^6
Cast iron	138×10^3	20×10^6	Diamond[a]	1035×10^3	150×10^6
Copper and alloys	110×10^3	16×10^6	Plate glass	69×10^3	10×10^6
Iron	209×10^3	30×10^6	Silicon carbide	448×10^3	65×10^6
Lead	21×10^3	3×10^6	Tungsten carbide	552×10^3	80×10^6
Magnesium	48×10^3	7×10^6	Nylon	3.0×10^3	0.40×10^6
Nickel	209×10^3	30×10^6	Phenol formaldehyde	7.0×10^3	1.00×10^6
Steel	209×10^3	30×10^6	Polyethylene (low density)	0.2×10^3	0.03×10^6
Titanium	117×10^3	17×10^6	Polyethylene (high density)	0.7×10^3	0.10×10^6
Tungsten	407×10^3	59×10^6	Polystyrene	3.0×10^3	0.40×10^6

ملاحظة:

تعني الـ (باسكال Pa) (N / m^2) اما الـ (MPa) فهي = $1 \times 10^6 Pa$

2.اجهاد الخضوع Yield stress (S_y)

هو الاجهاد الذي يحدث عنده زيادة ملحوظة في الاستطالة بدون زيادة في الحمل المسلط ويستخدم اجهاد الخضوع عادة لتحديد اجهاد التشكيل للمعادن المطيلية ويحسب من المعادلة :

$$S_y = F_y / A_o$$

حيث :

F_y الحمل عند نقطة الخضوع (y) ويقاس بـ (N) .

3. مقاومة الشد tensile strength (TS)

هي تساوي الحمل الاقصى للشد الذي تعرضت له العينة مقسومة على المساحة الاصلية للمقطع المستعرض ويحسب وفق العلاقة :

$$TS = \frac{Fmax}{Ao}$$

حيث:

Fmax اقصى حمل يمكن ان يتحمله المعدن قبل ان ينكسر ويقاس بـ (N) .

وعند الحصول على قيم اجهاد الخضوع و مقاومة الشد من اختبار الشد تقارن بالقيم المجدولة ادناه لتحديد الاختيار الملائم للمعدن المطلوب .

جدول (2-2) مقاومة الخضوع واجهاد الشد لبعض المواد الهندسية

Metal	Yield Strength MPa	Yield Strength lb/in²	Tensile Strength MPa	Tensile Strength lb/in²	Metal	Yield Strength MPa	Yield Strength lb/in²	Tensile Strength MPa	Tensile Strength lb/in²
Aluminum, annealed	28	4,000	69	10,000	Nickel, annealed	150	22,000	450	65,000
Aluminum, CW[a]	105	15,000	125	18,000	Steel, low C[a]	175	25,000	300	45,000
Aluminum alloys[a]	175	25,000	350	50,000	Steel, high C[a]	400	60,000	600	90,000
Cast iron[a]	275	40,000	275	40,000	Steel, alloy[a]	500	75,000	700	100,000
Copper, annealed	70	10,000	205	30,000	Steel, stainless[a]	275	40,000	650	95,000
Copper alloys[a]	205	30,000	410	60,000	Titanium, pure	350	50,000	515	75,000
Magnesium alloys[a]	175	25,000	275	40,000	Titanium alloy	800	120,000	900	130,000

4.معامل الرجوعية Modulus of Resilience

ويساوي مقدار الطاقة المخزونة في وحدة الحجوم الناتجة من اجهاد المعدن حتى حد المرونة (Elastic Limit) اي المساحة تحت منحني الاجهاد والانفعال حتى حد المرونة ويحسب وفق العلاقة :

$$\text{Modulus of Resilience} = \frac{(Sy)2}{2E}$$

5.معامل المتانة Modulus of Toughness (T)

ويساوي الشغل المبذول من وحدة الحجوم من المعدن حتى كسر المعدن تحت الحمل الساكن ،أي يساوي المساحة الكلية تحت منحني الاجهاد والانفعال ويحسب وفق العلاقة :

$$T = \frac{(Fy+Fmax)\Delta L}{2AoLo}$$

كما يكمن من اختبار الشد يمكن تحديد:

1. نسبة الاستطالة (*EL* (elongation للمعادن المختلفة على وفق العلاقة المبينة ادناه:

$$EL = \frac{L_f - L_o}{L_o}$$

2. نسبة التخفيض في المساحة (*AR* (area reduction على وفق العلاقة :

$$AR = \frac{A_o - A_f}{A_o}$$

وتقارن النتائج التي يمكن الحصول من العلاقات اعلاه بالقيم النموذجية للاستطالة والتخفيض في الجدول(2-3) ادناه لتحديد الاختيار الملائم للمعدن المطلوب .

جدول (2-3) القيم التجريبية للاستطالة لبعض المواد الهندسية

Material	Elongation	Material	Elongation
Metals		*Metals, continued*	
Aluminum, annealed	40%	Steel, low C[a]	30%
Aluminum, cold worked	8%	Steel, high C[a]	10%
Aluminum alloys, annealed[a]	20%	Steel, alloy[a]	20%
Aluminum alloys, heat treated[a]	8%	Steel, stainless, austenitic[a]	55%
Aluminum alloys, cast[a]	4%	Titanium, nearly pure	20%
Cast iron, gray[a]	0.6%	Zinc alloy	10%
Copper, annealed	45%	*Ceramics*	0[b]
Copper, cold worked	10%	*Polymers*	
Copper alloy: brass, annealed	60%	Thermoplastic polymers	100%
Magnesium alloys[a]	10%	Thermosetting polymers	1%
Nickel, annealed	45%	Elastomers (e.g., rubber)	1%[c]

اعتمادا على نتائج اختبار الشد نجد اختلاف المعادن في سلوكها تحت تأثير حمل الشد الاستاتيكي المحوري تبعا لطبيعة تلك المواد فمنها ما يكون :

1.معادن مطيلية (Ductile Metals) :وهي المعادن التي يمتاز منحني الاجهاد والانفعال لها بوجود منطقة مرونة (Elastic zone) ومنطقة لدونة (Plastic zone) ومنطقة بين المنطقتين هي تسمى بمنطقة الخضوع (Yield zone)،وكذلك بتكون الرقبة او العنق (Neck) .

2.معادن نصف مطيلية (Semi Ductile Metals) :وهي المعادن التي يمتاز منحني الاجهاد والانفعال لها بوجود منطقة مرونة ومنطقة لدونة ولكن دون وجود منطقة خضوع مميزة بين المنطقتين ،كما يحدث لها تشوه متوسط ،وكذلك تمتاز بتكون رقبة اقل وضوحا.

3. معادن قصفة (Brittle Metals) :هي التي لا يوجد لها منطقة خضوع ولا يوجد لها علاقة تناسب بين الاجهاد والانفعال ،فالمنحني منذ بدايته عبارة عن خط مائل وليس خطا مستقيما ويحدث به تشوه صغير جدا مقارنة بالمواد الاخرى ،كما لا يتكون فيها رقبة ،اذ ان المعادن القصفة لا تتحمل قوى الشد لكنها في المقابل تتحمل قوى الضغط بشكل اكبر .

4. يوجد بعض المواد تكون عالية اللدونة (Super Plastic) يزيد فيها الانفعال المرن عن نسبة 100% مثل المطاط وبعض المواد البلاستيكية.

مثال 1 :

عند اختبار عينة من الصلب قطرها 10mm كان اقصى حمل تحملته هو 3140kg ،ما هو مقدار نقطة الكسر للمادة عند الشد ؟

الحل /

$$A_o = \frac{\pi D2}{4}$$

$$= 78.5mm^2$$

نقطة الكسر عند الشد تحصل عند الحمل الاقصى الذي يتحمله المعدن :

$$TS = \frac{Fmax}{Ao}$$

$$= 40kg/mm^2$$

مثال 2 :

ما هو مقدار الاستطالة النسبية اذا كان الطول الحسابي للعينة قبل الاختبار هو 50mm وبعد الاختبار كان طوله 60mm ؟

الحل /

$$\textbf{Elongation\%} = \frac{Lf - Lo}{Lo} \times 100$$

$$= 20\%$$

أسئلة للمراجعة

س1/ سلك من معدن قطره 1 cm وطولة 10 m يراد استخدامه لرفع حاويات ،اوجد اقصى حمل يمكن للسلك رفعة دون ان تزيد قيمة استطالته عن 3cm ؟ علما بأن (E) للسلك تساوي 100GPa .

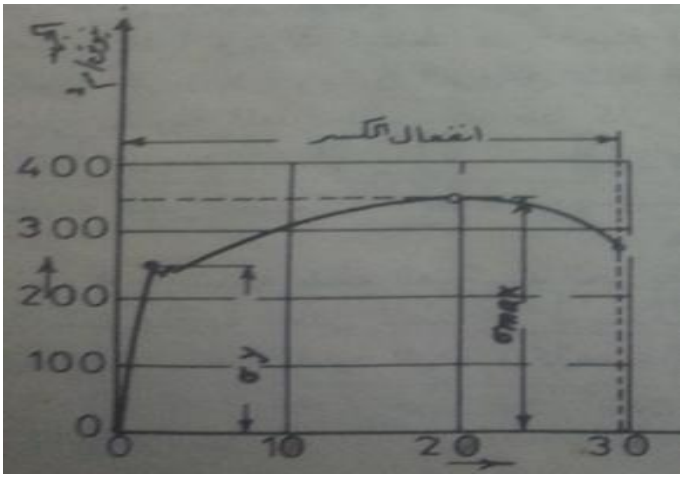
س2/ ارسم منحني (مثالي) الاجهاد والانفعال لاختبار شد وبين عليه جميع المعلومات المفيدة .

س3/ باستخدام الرسم عرف :1.المطيلية Ductility 2. الرجوعية Resilience

س4/عينة من الصلب طولها 50mm تم اجراء اختبار الشد لها حتى كسرت فكانت استطالتها النهائية 10mm أحسب مطيلية العينة ؟

س5/أجر اختبار شد على قطعة اختبار قياسية متناسبة طويلة من الصلب الطري المعالج حراريا ذات قطر دائري 8mm و كان منحني الحمل و الاستطالة هو الموضح في الرسم المرفق ، احسب :

1.معامل يونك2.أجهاد الخضوع الاعلى 3.أجهاد الخضوع الادنى4.مقاومة الشد القصوى5.أجهاد الكسر6.الرجوعية7.معامل الرجوعية8.المتانة9.معامل المتانة.



2.4.2 اختبار الصدم Impact Test

في اي اختبار من الاختبارات الميكانيكية، يعتمد تصرف المادة على سرعة انجاز الاختبار بشكل او باخر .فاذا تغيرت السرعة او الطاقة الحركية لجسم صادم لمادة ما ،فان ذلك يؤدي الى تحول الطاقة ،حيث يحدث شغل على المادة المصدومة وميكانيكية الصدم تتضمن الجهود المتولدة وكذلك التحول في امتصاص وتشتت الطاقة .فمتانة المادة او مقاومة الصدمة ،تعني قابلية المعدن على مقاومة الكسر او الفشل بتأثير قوة صدمية تؤثر بصورة فجائية على نموذج معدني ذو قياسات معينة ،ولتحديد هذه القابلية يتم اجراء اختبار الصدم فالغرض من اجراء اختبار الصدم هو :

1.معرفة قابلية المادة على مقاومة الانكسار عند تعرضها للصدمات تحت ظروف التشغيل .
2.بيان تأثير تواجد الشروخ في العينات المختبرة على مقاومتها والتي تسبب ضعفا في تحمل الصدم.
3.بيان تأثير المعاملات الحرارية على المعادن وتوضيح مدى قصافتها .

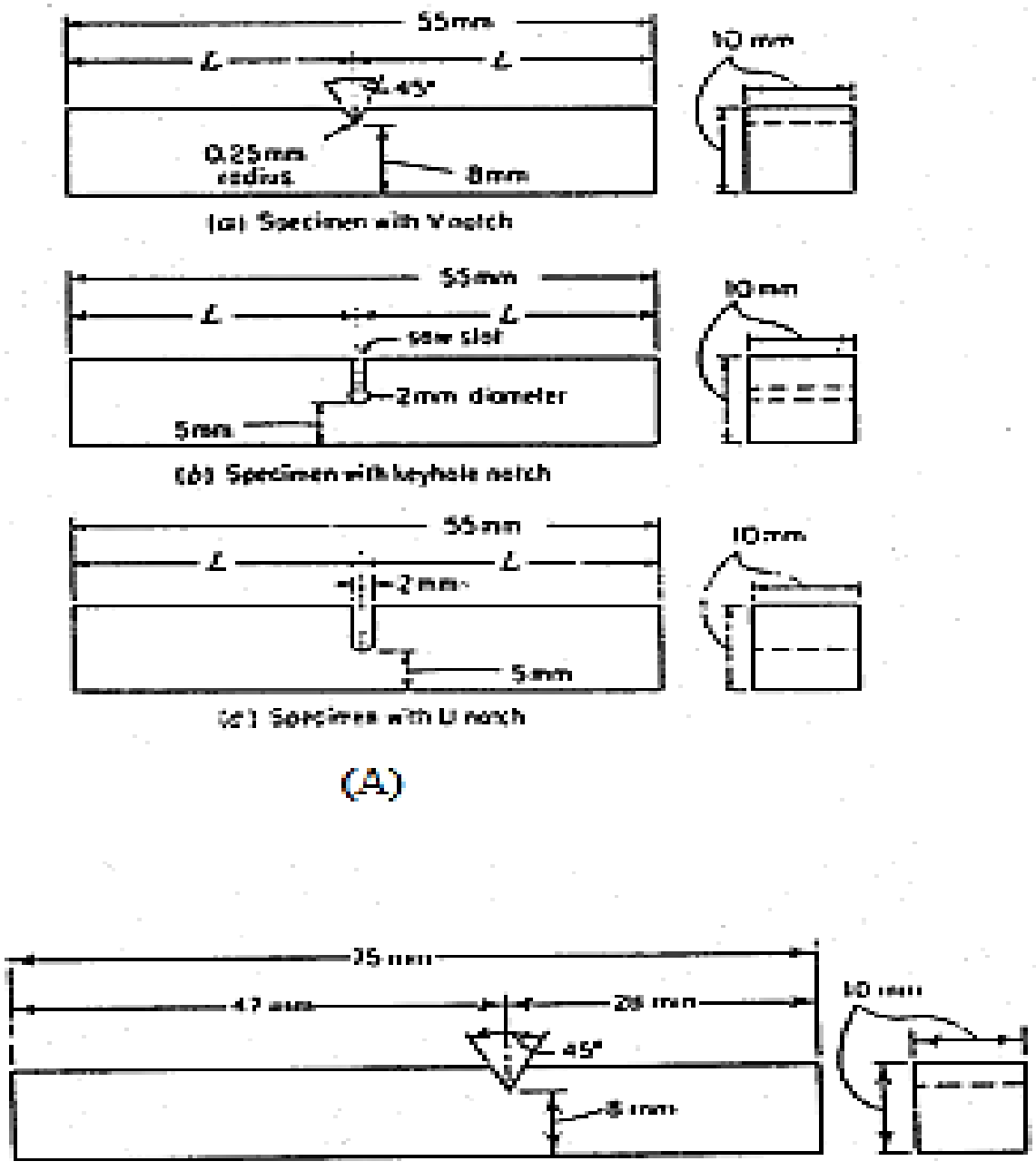
هناك عدة انواع من اختبارات الصدم القياسية مثل شاربي وايزود وستارت وستانتون ،ويعد اختبار شاربي (Charpy)وايزود (Izod)هما الاختباران الاساسيان في اختبار الصدم ،ويجرى هذان الاختباران بوساطة اجهزة خاصة ،وهذه الاجهزة اما ان تكون من النوع الذي يسمى بدقاق ايزود او الذي يسمى بدقاق شاربي لاحظ الشكل(2-3)ادناه والذي يمثل جهاز فحص الصدم .

شكل(2-3)
جهاز فحص الصدم

2. 2.4 .1 خطوات اختبار الصدم Procedure Impact Test

1.اختيار أشكال العينات القياسية

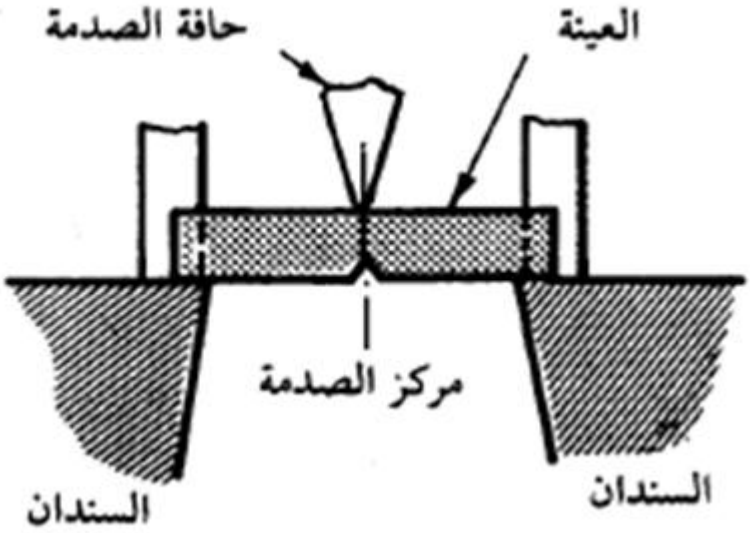
تختلف اشكال العينات القياسية لكل من اختبار أيزود وشاربي من حيث شكل الحز(Recess) ففي اختبار أيزود للصدم يكون شكل الحز ثابت لكل العينات وهو مجرى بزاوية 45^{o} وعمق (2mm) أما في اختبار شاربي فيكون الحز بإشكال مختلفة وفي وسط العينة .لاحظ الشكل (2-4) ادناه



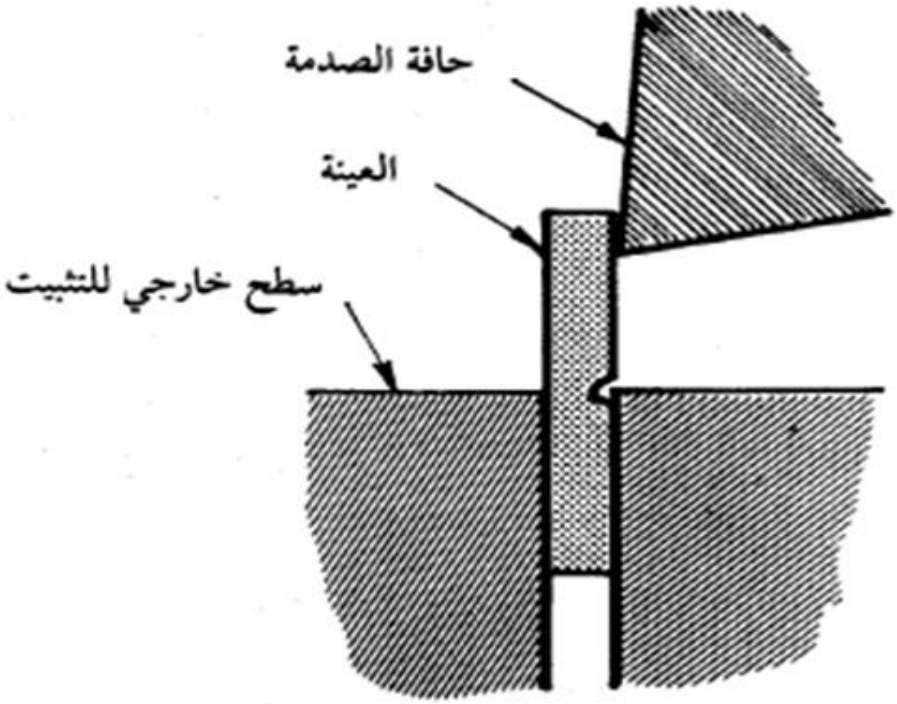
شكل(2-4)
عينات اختبار الصدم
A.اشكال عينات اختبار شاربي B.شكل عينة اختبار أيزود

2. تثبيت عينات الاختبار

في اختبار شاربي تثبت العينة أفقيا بحيث تكون الصدمة، تؤثر في منتصفها على الوجه المقابل للحز اما في حالة اختبار أيزود فتثبت العينة رأسيا في ماكينة الاختبار بحيث يكون قاع الحز في مستوي السطح العلوي لفكوك التثبيت وتكون الصدمة على نفس السطح العلوي المحتوي للحز .لاحظ شكل(2-5)كيفية تثبيت العينات في كلا الاختبارين.



1.تثبيت العينة في اختبار شاربي



2.تثبيت العينة في اختبار ايزود

شكل (2-5)
تثبيت العينات في اختبار الصدم

3. اجراء الاختبار

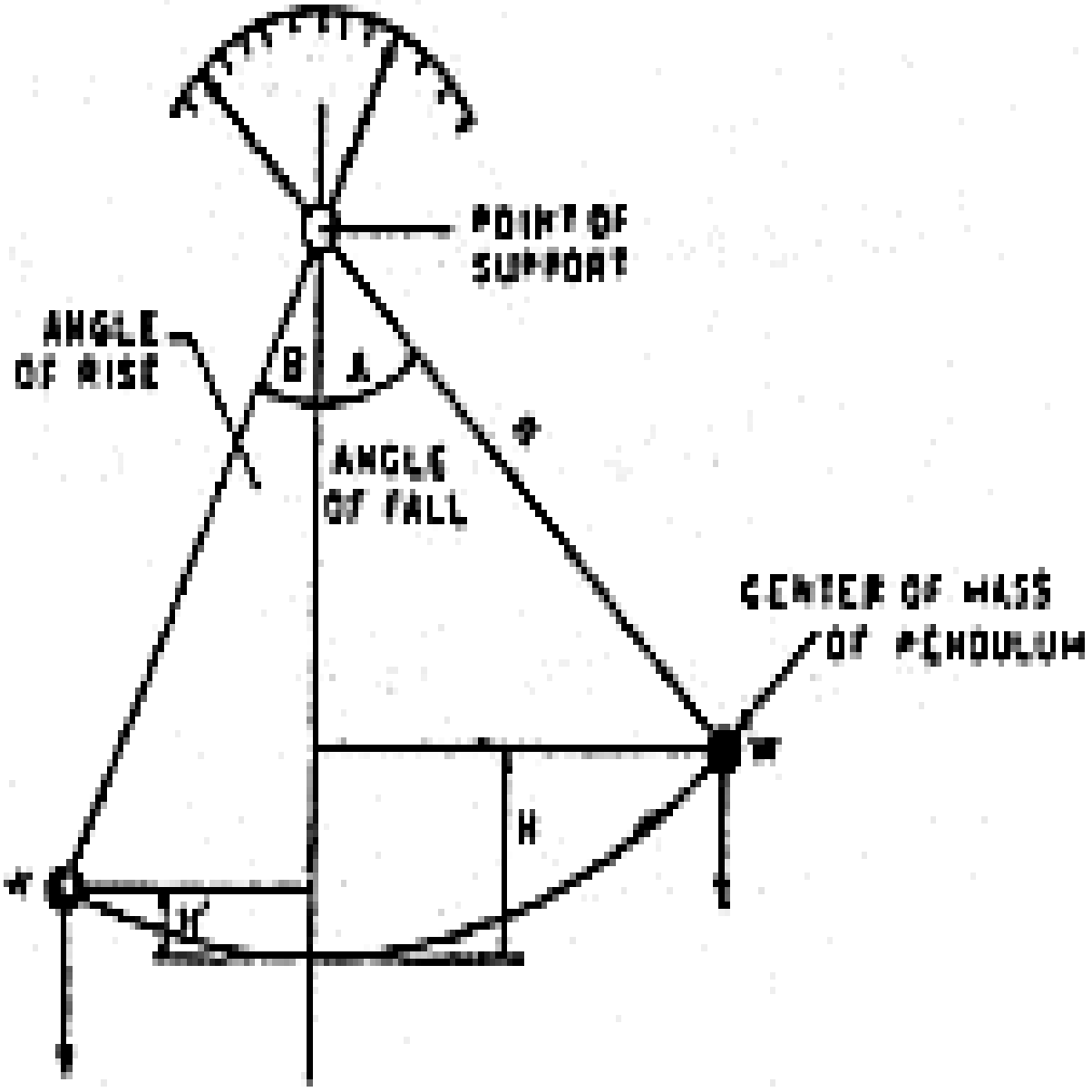
بعد التأكد من تثبيت العينة يرفع الحمل الى ارتفاع معين (H) ويترك ليسقط على العينة ليرتفع بعد ذلك الى ارتفاع اخر (h) .ويكون الفرق في طاقة الوضع بين الارتفاعين معيارا لمقاومة المعدن للصدمات.وبعد تحديد وزن كتلة البندول (W) فأن مقاومة المعدن للصدمات (α_k) بوحدة Kg/Cm^2 تحسب وفق العلاقة :

$$\alpha_k = \frac{W\,(H - h)}{A}$$

حيث:

A المساحة عند الحز بالسنتمتر المربع .

يبين الشكل (2-6) مخطط توضيحي لماكنة الصدم اثناء اجراء الاختبار.



شكل (2-6)

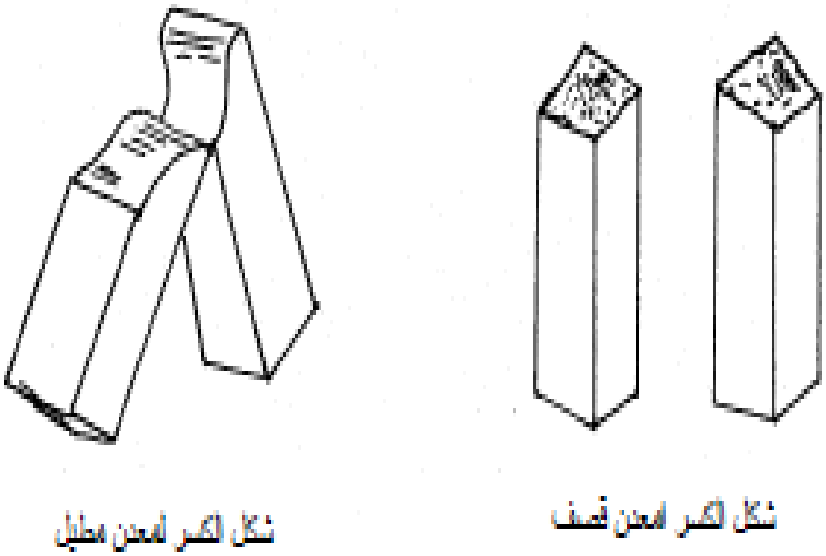
مخطط توضيحي لماكنة الصدم اثناء اجراء الاختبار

2. 2.4 .2 نتائج اختبار الصدم

عند الحصول على مقاومة المعدن للصدمات يتم مقارنتها بنتائج قياسية فهي تختلف باختلاف نوع المعدن فاذا كانت قيمة هذه المقاومة منخفضة جدا (0.1 – 0.2 كجم \سم^{2})فذلك يعني ان المادة هشة كالحديد الزهر اما اذا كانت تتراوح قيمتها بين 2 و12 كجم \سم^{2} فذلك يعني ان الحديد المفحوص من الحديد الصلب.

ومن ملاحظة شكل الكسر للعينة في كل من اختباري شاربي و أيزود يمكن معرفة مطيلية المعدن أو قصافته فالمعدن المطيلي تثنى عينته مع الكسر أما المعدن القصيف فتكسر عينته عند الحز.

يبين الشكل(2-7) شكل الكسر في اختبار الصدم لمعدن قصيف ومعدن مطيلي



شكل (2-7)

اشكال الكسر في اختبار الصدم للمعادن المطيلية والقصفة

كما يمكن حساب الشغل المبذول لكسر العينة من جداول تعطى فيها قيمة هذا الشغل حسب زاوية ارتفاع البندول بعد الصدمة وتحدد زاوية ارتفاع البندول بواسطة مؤشر ينزلق على تدريج الجهاز .

أسئلة للمراجعة

س1/ما المقصود باختبار مقاومة الصدمات ؟

س2/عرف المتانة واشرح طريقة لقياسها ؟

س3/ما المقصود بالتقصف ؟كيف تقاس خاصية التقصف ؟

س4/ارسم العينات القياسية المستخدمة في اختبار شاربي وايزود للصدم مبينا ابعادها الرئيسية ؟

س5/لماذا يوضع الثلم في عينة اختبار الصدم ؟وماهي انواع هذا الثلم ؟

س6/كيف يتم احتساب الطاقة اللازمة للكسر في اختبار الصدم ؟وماهي الخاصية التي تمثلها هذه الطاقة ؟

3.4.2 اختبار الصلادة Hardness Test

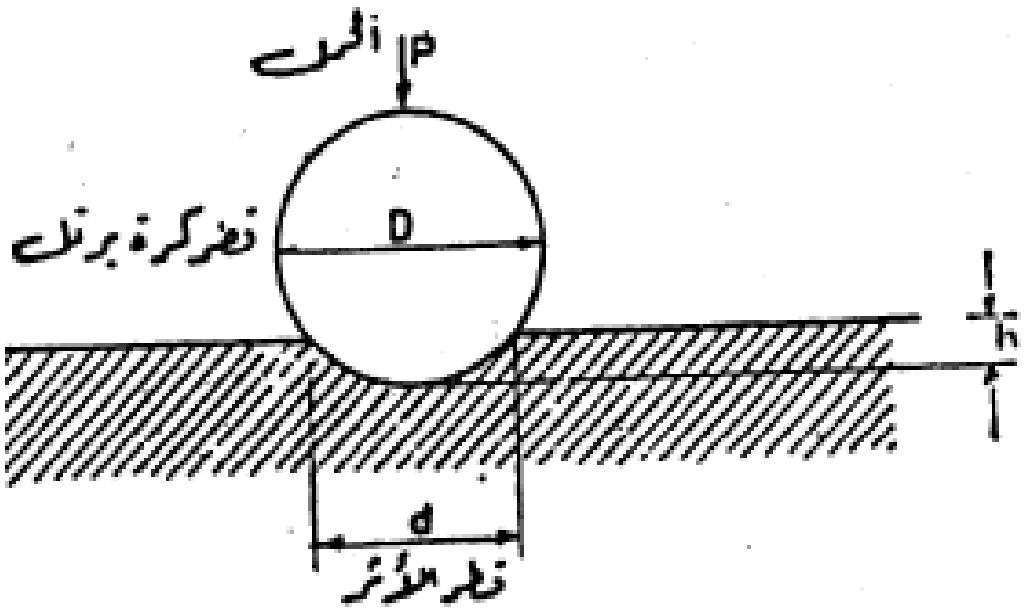
الصلادة (Hardness) ، تعبير عن مقاومة المعدن للخدش والاختراق بواسطة المواد الاخرى وهي خاصية هامة جدا وخصوصا في الاجزاء المعرضة للاحتكاك الانزلاقي كأعمدة الدوران التي تدور داخل كراسي (ركائز) انزلاقية واسطح فرش وعربات الات الورش التي تنزلق أثناء حركتها .
لقي اختبار الصلادة انتشارا واسعا في المجال الصناعي وذلك لأنه يتم بسهولة وسرعة دون أن ينتج عنه تحطيم للمعدن المراد اختباره ،ويتم بعدة طرق .

1.3.4.2 طريقة برينيل لاختبار الصلادة Brinell Hardness Test

تستعمل هذه الطريقة لقياس صلادة الاجزاء غير المقساة (غير المصلدة) كالقطع المدرفلة والمطروقات والمسبوكات والمكبوسات المعدنية وغير المعدنية المنخفضة او المتوسطة الصلادة .
يتم اجراء اختبار صلادة برينيل، بعد تنظف سطح المعدن المراد اختباره على حجر تجليخ او بالصنفرة . يضغط على سطح المعدن بكرة من الصلب المقسى ذات قطر (D) ملم وبحمل قدره (P) كغم ثم يقاس الاثر (d) ملم الناتج من هذا الضغط على سطح قطعة الاختبار وذلك بعد ازالة الحمل المؤثر ويعبر عن صلادة المعدن المختبر برقم برينيل للصلادة (B.H.N) والذي يحسب كما يلي :

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

حيث ان :
P – مقدار الحمل المسلط بـ kg، D – قطر الكرة المستخدمة بـ mm، d - قطر أثر الكرة بـ mm
يبين الشكل (2-8) ادناه ابعاد كرة برينيل وقطر الاثر الذي تحدثه اثناء الفحص .



شكل(2-8)
ابعاد كرة برينيل وقطر الاثر اثناء الفحص

2.3.4.2 طريقة روكويل لاختبار الصلادة Rockwell Hardness Test

تم تصميم هذه الطريقة لتستخدم للاختبارات السريعة ،حيث يتم الحصول على قياس الصلادة بشكل مباشر بواسطة مؤشر Dial ،وتوجد ثلاثة مدرجات Scales يشير لها المؤشر ،المدرج **B** او**(HRB)** وتستخدم فيه كرة من الصلب بقطر حوالي 1.59 ملم وحمل كلي 100كغم وتحدد به صلادة الصلب الكاربوني الطري والمتوسط والالواح والقضبان المعدنية الطرية ،والمدرج C ويستخدم مع مخروط ماسي Diamond Cone زاوية رأسه 120^{o} وحمل 150كغم و تحدد به صلادة الصلب المصلد و السبائك الحديدية و السبائك المعدنية ذات صلادة اكثر من 100 روكويل ،والمدرج A ويستخدم مع المخروط الماسي وبحمل 60كغم و تحدد صلادة شرائح الصلب المصلد الرقيقة و المعادن و السبائك شديدة الصلادة و في اختبار الصلادة اذا اريد ان يكون الاثر الحادث صغيرا، لاحظ الجدول (2-4) .

جدول (2-4)المدرجات واستخداماتها في اختبار روكويل للصلادة

Rockwell Scale	Hardness Symbol	Indenter	Load (kg)	Typical Materials Tested
A	HRA	Cone	60	Carbides, ceramics
B	HRB	1.6 mm ball	100	Nonferrous metals
C	HRC	Cone	150	Ferrous metals, tool steels

يجرى اختبار روكويل باستخدام ماكينة خاصة تؤثر بحمل 60 أو 100 أو 150 كغم وهو حمل صغير بالنسبة للحمل المستعمل في برينيل .ومن مميزات طريقة روكويل الدقة الكبيرة و الانتاجية العالية و صغر الاثر (الختم) الذي يتركه الاختبار على المصنوعة وبساطة الاختبار .لاحظ الشكل (2-9) والذي يبين جهاز اختبار روكويل .

شكل (2-8)
جهاز اختبار روكويل

2. 3.4 .2.1خطوات اختبار فحص الصلادة بطريقة روكويل

لا اختبار صلادة المعادن بطريقة روكويل ،يجب ان يكون سطح العينة خاليا من القشور الاوكسيدية والحفر والمواد الغريبة والتي تؤثر على النتائج ،كما يجب ان يكون السطح جافا وخاليا من الزيوت وسمك العينة ملائما بحيث لا يتولد انتفاخ او اي اثار مماثلة في الجهة المقابلة لتغلغل الاداة .

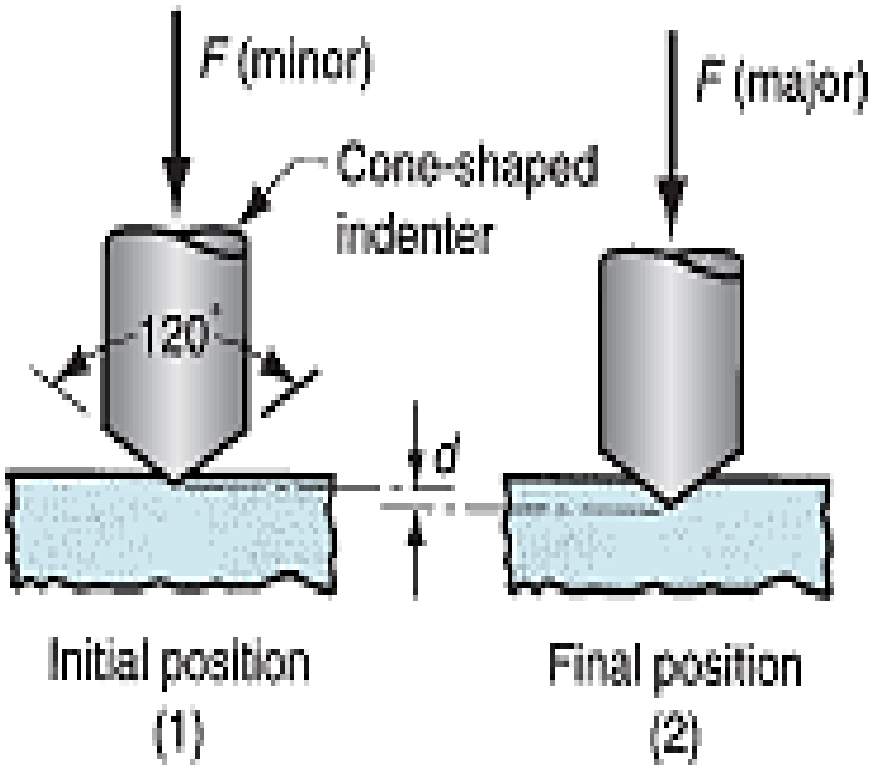
عند اجراء الاختبار يجب ان تضغط على سطح الجزء المراد اختباره كرية من الصلب قطرها 1.59 ملم أو مخروط من الماس زاوية قمته 120° وتختبر المواد اللينة بالكرية المصنوعة من الصلب اما المواد الصلدة فتختبر بالمخروط الماسي .

يجرى الاختبار بتحميل قطعة الاختبار بحمل ابتدائي قيمته 10 كغم (Minor load) وبعد ذلك يعاد مؤشر القرص المدرج للجهاز أمام التدريج ،ثم يزاد الحمل بإضافة الحمل الكبير (Major load) حتى يكون الحمل الكلي النهائي 60 أو 100 أو 150 كغم حسب نوع اختبار روكويل المستخدم اي يكون :

الحمل النهائي = الحمل الابتدائي +الحمل الكبير المضاف

أثناء التحميل بالحمل الكبير المضاف يسير الجسم المحدث للأثر داخل سطح قطعة الاختبار و في نفس الوقت يتحرك مؤشر القرص المدرج للجهاز، لأنه متصل بالجسم المحدث للأثر بحيث انه كلما زاد عمق الاثر كلما زادت حركة دوران المؤشر على قرص الجهاز ، ويزال الحمل الكبير المضاف فيقل عمق الاثر قليلا و يرتد بالتبعية قليلا المؤشر على القرص ويثبت عند تدريج معين يكون رقمه هو رقم روكويل للصلادة مع ملاحظة ان الحمل الابتدائي 10كغم لازال مؤثرا على قطعة الاختبار اي ان رقم الصلادة يتعلق بالأثر الناتج من الحمل الكبير فقط.

بنى روكويل طريقته على اساس أن رقم المبين على تدريج الجهاز يتناسب تناسبا عكسيا مع عمق الاثر الناتج من الحمل الكبير اي انه كلما زاد عمق الاثر كلما صغر رقم روكويل للصلادة اي كلما قلت صلادة المعدن المختبر .يبين الشكل (2-9) خطوات الاختباربطريقة روكويل .



شكل (2-9)
خطوات اختبار روكويل

3.3.4.2 طريقة فيكرز لاختبار الصلادة Vickers Hardness Test

تسمح هذه الطريقة بقياس صلادة الطبقات السطحية الرقيقة الناتجة عند الكربنة او النتردة او المعاملة (الكربونتروجينية) .كما يمكن بواسطتها قياس صلادة المواد الشديدة الصلادة والمصنوعات ذات المقطع الصغير ،وتعين الصلادة بضغط هرم رباعي ماسي زاوية قمته 136^0في المادة المختبرة ويجري الضغط تحت تأثير حمل قدره 5 ،10 ،20 ،30 ،50 ،100 أو 120 كغم ثم تقدر مساحة الاثر الناتج بقياس قطره بواسطة ميكروسكوب مثبت على الجهاز، أو ان هذا الاثر يظهر مكبرا على شاشة الجهاز حيث يمكن قياس قطر الاثر بدقة او ان الجهاز يعطي مباشرة عن طريق مقياس خاص قيمة رقم فيكرز للصلادة . يحسب رقم فيكرز للصلادة من المعادلة :

$$\text{Vickers hardness number} = \frac{2.p.\sin(\emptyset/2)}{D^2} = 1.854\,\frac{P}{D^2}$$

حيث ان رقم فيكرز ثابت للمعدن الواحد مهما اختلفت الاحمال المؤثرة ،لذا يمكن باختبار فيكرز الحصول على قيمه دقيقة لرقم الصلادة وتعبير تام عن صلادة المعدن المختبر وذلك مع استخدام جهاز صغير الحجم واحمال مؤثرة صغيرة كما يمكن لهذا الاختبار باستخدام الهرم الماسي الدقيق الحجم تحديد صلادة المعادن شديدة الصلادة وقليلة الصلادة والمعادن الرقيقة السمك التي لا يصلح لها اختبار برينل وذلك حتى سمك 0.1 ملم .يستعمل هذا الاختبار في الاعمال التي تتطلب نتائج دقيقة للمعادن مهما اختلف النوع او تنوعت الابعاد او اختلفت الصلادة ،ويعتبر اختبارا هاما في اعمال المقارنة والابحاث .

توجد أساليب مهمة لا اختبار الصلادة بأجهزة بسيطة منها جهاز قياس الصلادة بالكرة المرتدة (الصلادة المرنة)،حيث تقاس الصلادة في هذه الطريقة بأسقاط قرص صغير ،يحتوي في مركزه على كرة فولاذية مصلده او نقطة صغيرة من الماس على سطح القطعة المعدنية المراد قياس صلادتها واحتساب ارتفاع الارتداد عن سطح المعدن بعد الارتطام به حيث يتناسب هذا الارتفاع طرديا مع صلادة المعدن .ونظرا لصغر حجم الجهاز ،يكثر استعماله لقياس صلادة القطع المعدنية في مواقع العمل او الانتاج كما انه يستعمل ايضا لقياس صلادة المنتجات المنجزة لا انعدام او صغر الاثر الذي يتركه على هذه القطع بعد عملية القياس .

اسئلة للمراجعة

س1/عرف الصلادة ،واشرح الاسلوب العام لاختبارات الصلادة .

س2/اشرح طرق اختبار الصلادة التالية :

أ. اختبار برينيل

ب. اختبار روكويل

جـ. اختبار فيكرز

س3/كيف يتم استخراج قيمة صلادة برينيل رياضيا ؟ اذكر مثالا عن ذلك .

س4/كيف يمكن حساب متانة الشد بصورة تقريبية من الصلادة البرينيلية

س5/ بم يضغط على العينة الاختبارية في اختبار فيكرز

س6/ ما الحمل المستخدم في اختبار روكويل

س7/ اشرح طريقة لقياس صلادة قطعة منجزة دون تخديش سطحها

س8/هل هناك طرق اخرى غير طريقة برينيل وفكر وركويل لاختبار الصلادة ؟ماهي هذه الطرق ؟واين تستخدم ؟ولماذا ؟

اسئلة الفصل الثاني

س1/عدد الخواص الفيزياوية مبينا اهمية كل خاصية عند التصميم الهندسي ؟

س2/ما اهمية معرفة الخواص الميكانيكية ؟

س3/ما هي المعلومات الممكن استنتاجها من تجربة الشد ؟

س4/ارسم مخطط الاجهاد والانفعال للفولاذ الواطئ الكاربون مؤشرا النقاط المهمة ؟

س5/ماهي المطيلية ؟وكيف تقاس ؟

س6/ما الفرق بين المعدن المصلد والمعدن المتين (ذو المتانة العالية)؟

مع تمنياتنا بالنجاح
قسم الهندسة الميكانيكية
مدرس المادة /أ. عبد فارس العزاوي / موبايل 07703947587
العام الدراسي 2022/2023