خصائص المواد السنية

PROPERTIES OF DENTAL MATERIALS

لابد من فهم خصائص المواد السنية من أجل اختيارها واستخدامها، إذ تساعد معرفة خصائص المادة في التنبؤ بسلوكها، وظيفتها ضمن الفم، وديمومتها.

وفقاً لذلك؛ يمكن تحسن الخصائص والتقنيات من أجل الحصول على أفضل نوع من مادة محددة.

توجد العديد من الخصائص الهامة للمواد السنية هي:

1. الخصائص الميكانيكية.
2. الخصائص الفيزيائية.
3. الخصائص الكيميائية.
4. الخصائص الحرارية.
5. الخصائص البصرية.

To select and use a dental material one must understand its properties. Knowledge of the properties of the material predicts its behavior, functioning in the mouth and longevity.

Accordingly one can optimize design and techniques in order to get the best out of a particular material.

Various properties important to dental materials are:

1. **Mechanical properties**
2. **Physical properties**
3. **Chemical properties**
4. **Thermal properties**
5. **Optical properties**

الخصائص الميكانيكية

Mechanical Properties

تمثل الخاصية الميكانيكية سلوك المادة عندما يتم ربطها مع تطبيق قوة، وتصف الخاصية الميكانيكية للمادة كيفية استجابتها للقوى الفيزيائية.

الجهد

عند تطبيق قوة على جسم بهدف إحداث تشوه، ستتطور مقاومة ضمن الجسم لهذه القوة الخارجية.

فالجهد هوالمقاومة الداخلية للجسم تجاه قوة خارجية، فالجهد يساوي القوة الخارجية المطبقة ويعاكسها بالاتجاه.

تعرف القوة الخارجية المطبقة باسم الحمل أو التحميل، وبما أن كل من القوة الخارجية والمقاومة الداخلية (الجهد) تتوزع على منطقة معينة من الجسم، فإن الجهد في أساسه مصمم على أساس القوة المطبقة لكل وحدة مساحة.

الجهد= القوة/المساحة

المقاومة الداخلية للقوة (الجهد) لايمكن قياسها عملياً، فالطريقة الملائمة لقياسها هي بقياس القوة الخارجية على مساحة المقطع العرضي.

المنطقة التي تطبق عليها القوة تعتبر عاملاً مهماً لاسيما في الترميمات السنية والتي تكون مناطق تطبيق القوى عليها صغيرة جداً.

يتناسب الجهد عند قوة ثابتة عكسياً مع المساحة، فكلما صغرت المساحة، زاد الجهد، والعكس بالعكس.

أنواع الجهود

- ❖ جهد الشد
- ❖ جهد الضغط
- ❖ جهد القص

جهد الشد ← →

ينتج في الجسم عند خضوعه إلى مجموعتين من القوى تبتعدان عن بعضها وتتوضعان على خط مستقيم

يسبب الحمل مد الجسم أو استطالته

A mechanical property is the behavior of the material when it's linked to the application of force. The mechanical properties of a material describe how it will react to physical forces.

STRESS

When a force acts on the body, tending to produce deformation, a resistance is developed within the body to this external force.

The internal resistance of the body to the external force is called stress. Stress is equal and opposite in direction to the force (external) applied.

This external force is also known as load. Since both applied force and internal resistance (stress) are distributed over a given area of the body, the stress in a structure is designated as a force per unit area.

$$\text{Stress} = \frac{\text{Force}}{\text{Area}} = \frac{F}{A}$$

The internal resistance to force (stress) is impractical to measure. The convenient way is to measure the external force applied to the cross-sectional area.

Area over which the force acts is an important factor especially in dental restorations in which areas over which the forces applied often are extremely small.

Stress at a constant force is inversely proportional to the area–the smaller the area, the larger the stress and vice versa.

Types of Stresses

- . Tensile stress
- . Compressive stress
- . Shear stress

Tensile stress

Results in a body when it is subjected to two sets of forces that are directed away from each other in the same straight line.

The load tends to stretch or elongate a body.

جهد الضغط ←→

ينتج عن خضوع الجسم إلى مجموعتين من القوى متقابلتين ومتوضعتين على خط مستقيم.

يسبب التحميل قصر الجسم.

جهد القص

الجهد الناتج عن قوتين موجهتين بشكل متوازي فيما بينهما، فالجهد الذي يقاوم حركة الفتل، أو انزلاق جزء من الجسم فوق الآخر يسمى جهد القص.

الإجهاد

إذا كان الجهد (المقاومة الداخلية) الناتج غير كافٍ لمقاومة القوة الخارجية (التحميل) سيخضع الجسم إلى تغير في الشكل (تشوه).

كل نوع من الجهد قادر على التسبب بتشوه متوافق في الجسم.

يسبب التشوه الناتج عن قوى الشد أو السحب استطالة في الجسم، في حين تسبب قوى الضغط أو الدفع انضغاطاً أو قصراً في الجسم.

الإجهاد=التشوه أو التغير في الطول/الطول الأصلي

يتم التعبير عن الإجهاد بأنه التغير في الطول لكل وحدة طول في الجسم عند تطبيق جهد، وهو مقدار من دون أبعاد قد يكون مرن أو لدن أو كلاهما.

الجهود المركبة

من الصعب تحريض نوع واحد من الجهود ضمن جسم، فعند تطبيق القوة على جسم ستتشكل جهود متعددة أو مركبة.

هذه الجهود يمكن أن تكون مشاركة بين جهود شد، قص، أو ضغط (الشكل 1).

Compressive stress

Results when the body is subjected to two sets of forces in the same straight line but directed towards each other.

The load tends to or shortens a body.

Shear stress

Shear stress is a result of two forces directed parallel to each other. A stress that tends to resist a twisting motion, or a sliding of one portion of a body over another is a shear or shearing stress.

Strain

If the stress (internal resistance) produced is not sufficient to withstand the external force (load) the body undergoes a change in shape (deformation).

Each type of stress is capable of producing a corresponding deformation in the body.

The deformation resulting from a tension, or pulling force, produces an elongation of a body, whereas a compression, or pushing force, causes compression or shortening of the body.

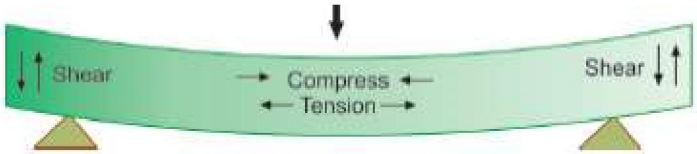
$$\text{Strain} = \frac{\text{Deformation or change in length}}{\text{Original length}} = \frac{E}{L}$$

Strain is expressed as change in length per unit length of the body when a stress is applied.It is a dimensionless quantity and may be elastic or plastic or a combination of the two.

Complex stresses

It is difficult to induce just a single type of stress in a body. Whenever force is applied over a body, complex or multiple stresses are produced.

These may be a combination of tensile, shear or compressive stresses **(Fig. *1*)**.



(الشكل 1): الجهود المركبة الناتجة عن ثلاث نقاط تحميل للحزمة

Figure 1: Complex stresses produced by a three-point loading of a beam.

These multiple stresses are called complex stresses.

For example, when a wire is stretched, the predominant stress is tensile, but shearing and compressive stresses will also be present because the wire is getting thinner (compressed in cross-section) as it elongates.

تسمى هذه الجهود المركبة بالجهود المركبة.

فعلى سبيل المثال عند شد السلك سيكون جهد الشد هو المسيطر، إلا كل من جهدي القص والضغط سيتواجدان، لأن السلك سيصبح أرفع كلما استطال (انضغاط في المقطع العرضي).

Poisson's ratio

If we take a cylinder and subject it to a tensile stress or compressive stress, there is simultaneous axial and lateral strain. Within the elastic range, the ratio of the lateral to the axial strain is called Poisson's ratio.

نسبة بواسون

إذا أخذنا أسطوانة وطبقنا عليها جهد شد أو ضغط، سيكون هنالك إجهاد متزامن محوري وجانبي.

نسبة الإجهاد الجانبي إلى المحوري ضمن مجال المرونة تسمى نسبة بواسون.

Proportional limit

A tensile load is applied to a wire in small increments until it breaks. If each stress is plotted on a vertical coordinate and the corresponding strain (change in length) is plotted on the horizontal coordinate, a curve is obtained.

This is known as stress-strain curve **(Fig. 2)**.

حد التناسب

إذا تم تطبيق تحميل الشد على سلك بشكل طبقات صغيرة إلى أن ينكسر، وقمنا برسم مخطط لكل جهد على محور إحداثيات عمودي والإجهاد (التغير في الطول) المرافق على محور إحداثيات أفقي فإننا نحصل على منحني، هذا المنحني يسمى منحني الجهد–إجهاد (الشكل 2).

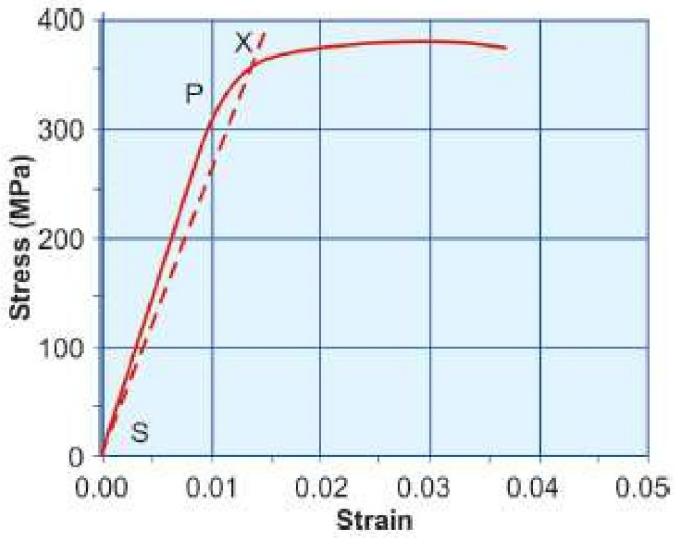


Figure 2 Stress-strain curve. P-proportional limit, X-yield strength, S-offset.

الشكل 2: منحني الجهد_إجهاد، P: حد التناسب، X: مقاومة الخضوع، S: التعديل.

It is useful to study some of the mechanical properties. The stress-strain curve is a straight line up to point 'P' after which it curves.

من المفيد دراسة بعض الخصائص الميكانيكية، فمنحني الجهد–إجهاد يكون مستقيماً حتى النقطة P وبعدها ينحني.

تمثل النقطة P حد التناسب فعلي سبيل المثال يكون الجهد متناسباً مع الإجهاد حتى النقطة P (قانون هوك).

يصبح الإجهاد بعد النقطة P غير مرن أي يصبح الجهد غير متناسب مع الإجهاد.

بالتالي؛ يمكن تعريف جهد التناسب بأنه الجهد الأعظمي الذي يمكن أن تشكله المادة ويكون عنده الجهد متناسباً مباشرة مع الإجهاد.

حد المرونة

تكون المادة مرنة بطبيعتها تحت حد التناسب (النقطة P)، أي أنه إذا قمنا بإزالة التحميل ستعود المادة إلى حالتها الأصلية.

وبالتالي يمكن أن يعرف حد المرونة بأنه الجهد الأعظمي الذي يمكن أن تتحمله المادة دون أن يحدث فيها تشوه دائم (تغير في الشكل).

بالنسبة لجميع الأهداف العملية؛ يمثل حد المرونة وحد التناسب الجهد نفسه.

على كل حال المفهوم الأساسي مختلف فأحدهما يصف السلوك المرن للمادة في حين الآخر يتعامل مع نسبة الإجهاد إلى الجهد في البنية.

مقاومة الخضوع

تتبع قلة من المواد قانون هوك وبعض التغيرات يمكن أن تشاهد في المواد المختبرة.

يمكن تحمل كمية صغيرة من الإجهاد الدائم، ويسمى حد الإجهاد الدائم المحمول (الذي يمكن تحمل) بمقاومة الخضوع، وبالتالي تعرف مقاومة الخضوع بأنها: الجهد الذي تظهر عنده المادة انحراف محدود في نسبة الجهد إلى الإجهاد.

تحديد مقاومة الخضوع

ما هو مقدار التشوه الدائم الذي يمكن تحمله؟

يختلف هذا الأمر من مادة إلى أخرى ويتم تحديده من خلال اختيار معادل.

The point 'P' is the proportional limit, i.e., up to point 'P' the stress is proportional to strain (Hooke's Law).

Beyond 'P' the strain is no longer elastic and so stress is no longer proportional to strain.

Thus, proportional stress can be defined as the greatest stress that may be produced in a material such that the stress is directly proportional to strain.

ELASTIC LIMIT

Below the proportional limit (point 'P'), a material is elastic in nature, that is, if the load is removed, the material will return to its original shape.

Thus, elastic limit may be defined as the maximum stress that a material will withstand without permanent deformation (change in shape).

For all practical purposes, the elastic limit and the proportional limit represent the same stress.

However, the fundamental concept is different, one describes the elastic behavior of the material whereas the other deals with proportionality of strain to stress in the structure.

Yield strength

Very few materials follow Hooke's law perfectly and some permanent change may be seen in the tested material.

A small amount of permanent strain is tolerable. The limit of tolerable permanent strain is the yield strength. Thus, yield strength is defined as the stress at which a material exhibits a specified limiting deviation from proportionality of stress to strain.

Determination of yield strength

How much of permanent deformation can be tolerated?

This varies from material to material and is determined by selecting an offset.

يعرف المعادل بأنه قيمة تحكمية توضع للمادة، تمثل النسبة المئوية للتشوه الدائم الكلي المقبول للمادة.

في طب الأسنان؛ يستخدم 0.1% (معادل 1%) و 0.2% (معادل 2%).

تُحدد مقاومة الخضوع من خلال اختيار معادل مرغوب ورسم خط موازٍ للمنطقة الخطية من منحني الجهد–إجهاد (الشكل 2).

النقطة التي يلتقي فيها المعادل مع منحي الجهد_إجهاد هي مقاومة الخضوع (النقطة X).

معامل المرونة

يشار إليه أيضاً بالمعامل المرن أو معامل يونغ.

يمثل صلابة أو صلادة المادة ضمن المجال المرن.

معامل يونغ هو نسبة الجهد إلى الإجهاد، وبما أن الجهد يتناسب مع الإجهاد (حتى الوصول إلى حد التناسب)، ستكون نسبة الجهد إلى الإجهاد ثابتة.

معامل المرونة (معامل يونغ)= الجهد/الإجهاد

وبالتالي كلما كان الإجهاد أصغر عند جهد معين ستكون المادة أكثر صلابة فعلى سبيل المثال إذا كان السلك صعب الانحناء، سيتم تطبيق جهد كبير قبل أن ينتج إجهاد ملحوظ أو تشوه.

وبالتالي ستمتلك المادة معامل مرونة مرتفع نسبياً.

التطبيق

يجب أن يكون الهيكل المعدني للجسر الخزفي المعدني صلباً جداً.

إذا انثنى المعدن، سيتكسر الوجه الخزفي الموضوع عليه أو يمكن أن ينفصل عنه.

الليونة (المرونة)

في الممارسة العملية في طب الأسنان عموماً، يجب أن تقاوم المادة المستخدمة كترميم الجهود وتظهر تشوهاً أصغرياً.

An offset is an arbitrary value put for a material. It represents the percent of total permanent deformation that is acceptable for the material.

In dentistry 0.1% (1% offset) and 0.2% (2% offset) are most commonly used.

The yield strength is determined by selecting the desired offset and drawing a line parallel to the linear region of the stress-strain curve **(Fig. 2)**.

The point on the stress-strain curve where the offset meets is the yield strength (point X).

MODULUS OF ELASTICITY

It is also referred to as 'elastic modulus' or 'Young's modulus'.

It represents the relative stiffness or rigidity of the material within the elastic range.

Young's modulus is the ratio of stress to strain. Since stress is proportional to strain (up to the proportional limit), the stress to strain ratio would be constant.

$$\text{Modulus of elasticity or Young's modulus} \quad E = \frac{\text{Stress}}{\text{Strain}} = \frac{F/A}{E/L} = \frac{FL}{EA}$$

It, therefore, follows that the less the strain for a given stress, the greater will be the stiffness, e.g. if a wire is difficult to bend, considerable stress must be placed before a notable strain or deformation results. Such a material would possess a comparatively high modulus of elasticity.

Application

The metal frame of a metal-ceramic bridge should have a high stiffness.

If the metal flexes, the porcelain veneer on it might crack or separate.

FLEXIBILITY

Generally, in dental practice, the material used as a restoration should withstand high stresses and show minimum deformation.

وعلى كل حال يوجد حالات يكون فيها الإجهاد كبيراً بجهد معتدل أو بسيط، فعلى سبيل المثال: في الأجهزة التقويمية غالباً ما ينحني النابض عند مسافة كبيرة مع جهد صغير. في مثل هذه الحالة يقال عن المادة أنها مرنة.

تعرف المرونة العظمي بأنها: الإجهاد الذي يحدث عند تطبيق جهد على المادة وصولاً إلى حد التناسب.

يمكن التعبير عن العلاقة بين المرونة العظمى وحد التناسب، وعامل المرونة كالآتي:

المرونة العظمى=حد التناسب/معامل المرونة

التطبيق

من المفيد معرفة مرونة المواد الطابعة لمعرفة كيفية سحبها بسهولة من فوق الغؤورات المثبة في الفم.

المطاوعة

يمكن أن تعرف المطاوعة بأنها كمية الطاقة الممتصة من قبل البنية عند إجهادها من دون تجاوز حد المرونة.

فعلى سبيل المثال؛ عند سقوط البهلوان على شبكة التأرجح، سيتم امتصاص طاقة السقوط من خلال مطاوعة الشبكة، وعندما تتحرر هذه الطاقة، سيتم دفع البهلوان مرة ثانية في الهواء.

تقاس مطاوعة المادة بمصطلح معامل المطاوعة، وهو كمية الطاقة المخزنة في جسم عند إجهاد وحدة حجم المادة إلى حد تناسبها.

يتم التعبير عنه رياضياً:

معامل المطاوعة= مربع حد التناسب P^2/ضعفي معامل المرونة 2E

تقاس المطاوعة أيضاً بمساحة المنطقة تحت جزء الخط المستقيم لمنحني الجهد-إجهاز (الشكل 3).

However, there are instances where a large strain is needed with a moderate or slight stress. For example, in an orthodontic appliance, a spring is often bent at a large distance with a small stress. In such a case the material is said to be flexible.

The 'maximal flexibility' is defined as the strain that occurs when the material is stressed to its proportional limit.

The relation between the maximum flexibility, the proportional limit and the modulus of elasticity may be expressed as

$$\text{Maximum flexibility (EM)} = \frac{\text{Proportional limit (P)}}{\text{Modulus of elasticity (E)}}$$

Application

It is useful to know the flexibility of elastic impression materials to determine how easily they may be withdrawn over undercuts in the mouth.

Resilience

Resilience can be defined as the amount of energy absorbed by a structure when it is stressed not to exceed its proportional limit.

For example, when an acrobat falls on a trapeze net the energy of his fall is absorbed by the resilience of the net, and when this energy is released, the acrobat is again thrown into the air.

The resilience of a material is measured in terms of its modulus of resilience, which is the amount of energy stored in a body, when a unit volume of a material is stressed to its proportional limit.

It is expressed mathematically as

$$\text{R (Modulus of Resilience)} = \frac{\text{P}^2\ \text{(Proportional limit)}}{\text{2E (Modulus of elasticity)}}$$

Resilience is also measured by the area under the straight-line portion of the stress-strain curve **(Fig. *3*)**.

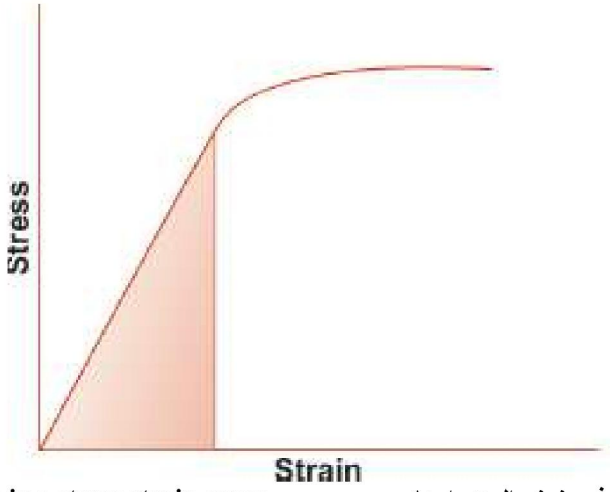


Figure :3 Area of resilience in a stress-strain curve.

(الشكل 3): مساحة المطاوعة في منحني الجهد_إجهاد

IMPACT

It is the reaction of a stationary object to a collision with a moving object.

Depending upon the resilience of the object, energy is stored in the body without causing deformation or with deformation.

The ability of a body to resist impact without permanent deformation is represented by the formula–KVR

where, K = Constant of proportionality

V = Volume

R = Modulus of resilience

But we know R = P2/2E

Therefore $$\text{impact resistance} = \frac{KVP^2}{2E}$$

From the above formula, we can conclude

Impact resistance will be decreased with an increase in the modulus of elasticity, which means that stiffer materials will have less impact resistance.

Resilient materials will have better impact resistance (however, a high stiffness is also necessary to provide rigidity to a material under static loads, e.g. a cement base should be able to support an amalgam restoration).

Increase in volume leads to an increase in impact resistance.

التصادم

استجابة جسم ساكن للاصطدام مع جسم متحرك.

بالاعتماد على مطاوعة الجسم، فإن الطاقة ستخزن ضمنه من دون تشوه أو مع تشوه.

يتم تمثيل قدرة الجسم على مقاومة التصادم من دون تشوه دائم بالصيغة KVR:

K: ثابت التناسب

V: الحجم

R: معامل المطاوعة

وبحسب معرفتنا: R = P2/2E وبالتالي

مقاومة التصادم=$2E/KVP^2$

يمكن أن نستنتج من الصيغة أعلاه أن:

مقاومة التصادم ستتناقص كلما زاد معامل المرونة، مما يعني أن المواد الأكثر صلابة ستمتلك معامل تصادم أقل.

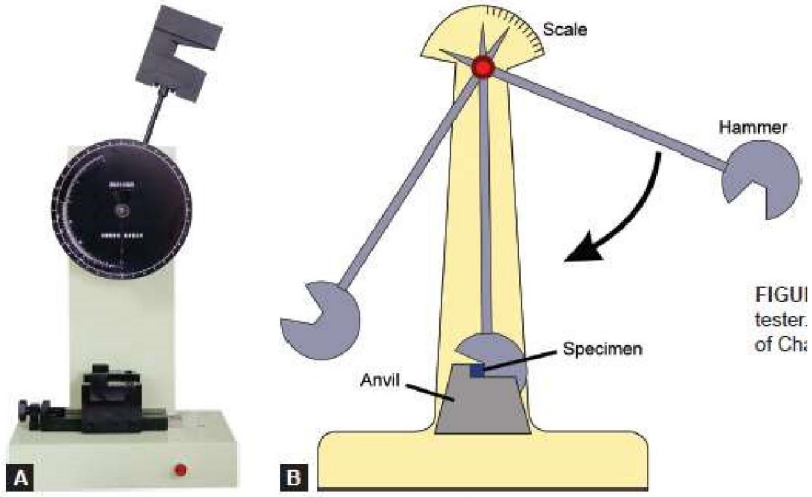
ستمتلك المواد المطاوعة مقاومة تصادم أفضل (على كل حال الصلابة العالية ضرورية لتأمين صلادة للمادة تحت التحميل الساكن فعلى سبيل المثال يجب أن يكون الاسمنت القاعدي قادراً على دعم ترميمات الأملغم).

يؤدي زيادة الحجم إلى زيادة مقاومة التصادم.

Impact strength

It is the energy required to fracture a material under an impact force.

A Charpy type impact tester is used **(Figure 4)**.



Figures 4: Charpy's tester.

It has a heavy pendulum which swings down to fracture the specimen.

Another instrument called Izod impact tester can also be used.

Application

Dentures should have a high impact strength to prevent it from breaking if accidentally dropped by the patient.

Permanent deformation

Once the elastic limit of a material is crossed by a specific amount of stress, the further increase in strain is called permanent deformation, i.e., the resulting change in dimension is permanent.

Application

An elastic impression material deforms as it is removed from the mouth. However due to its elastic nature, it recovers its shape and little permanent deformation occurs.

قوة التصادم

هي الطاقة المطلوبة لكسر مادة تحت تأثير قوة الاصطدام.

يستخدم نموذج فاحص شاربي للتصادم (الشكل 4).

(الشكل 4): فاحص شاربي

يمتلك هذا الفاحص نواساً ثقيلاً يتأرجح للأسفل لكسر العينة.

يمكن استخدام أداة أخرى تدعى فاحص آيزود للتصادم.

التطبيق

يجب أن تتمتع الأجهزة السنية بقوة تصادم عالية لمنع انكسارها في حال سقوطها عَرضياً من المريض.

التشوه الدائم

بعد أن يتم تجاوز حد المرونة للماد بمقدار محدد من الجهد، فإن الزيادة اللاحقة في الإجهاد تدعى التشوه الدائم، أي أن التغير الناتج في الأبعاد يكون دائماً.

التطبيق

تتشوه المادة الطابعة المرنة عند إزالتها من الفم، ولكن نتيجة لطبيعتها المرنة فإنها تستعيد شكلها ويحدث تشوه دائم بسيط.

Some materials are more elastic than others. Thus, permanent deformation is higher in hydrocolloids than in elastomers.

Strength

Strength of a material is its resistance to fracture. It is measured by measuring the maximal stress required to fracture a structure.

The three types of strength are

- . Tensile strength
- . Compressive strength
- . Shear strength

Tensile Strength

Tensile strength is determined by subjecting a rod, wire or dumbbell shaped specimen to a tensile loading (a unilateral tension test). Tensile strength is defined as the maximal stress the structure will withstand before rupture.

Tensile strength of brittle materials

Brittle materials are difficult to test using the unilateral tension test. Instead, an indirect tensile test called 'diam*etral compression test'* (or Brazilian test) is used **(Fig. 5)**.

بعض المواد أكثر مرونة من غيرها وبالتالي يكون التشوه الدائم أكبر في المواد الغروانية المائية منه في المواد المطاطية.

القوة

قوة المادة هي مقاومتها للانكسار، وتقاس من خلال قياس الجهد الأعظمي المطلوب لكسر بنيوي.

توجد ثلاثة أنواع للقوة هي:

- قوة الشد
- قوة الضغط
- قوة القص

قوة الشد

تحدد قوة الشد من خلال إخضاع عينة على شكل قضيب، سلك أو دمبل إلى تحميل شد (اختبار شد أحادي الجانب)، وعليه تعرف قوة الشد أنها الجهد الأعظمي الذي يتحمله الجسم قبل تمزقه.

قوة الشد للمواد القصفة

من الصعب فحص المواد القصفة باستخدام اختبار الشد أحادي الجانب، ويستخدم بدلاً من ذلك اختبار شد غير مباشر يسمى "اختبار الانضغاط القطري أو الاختبار البرازيلي" (الشكل 5).

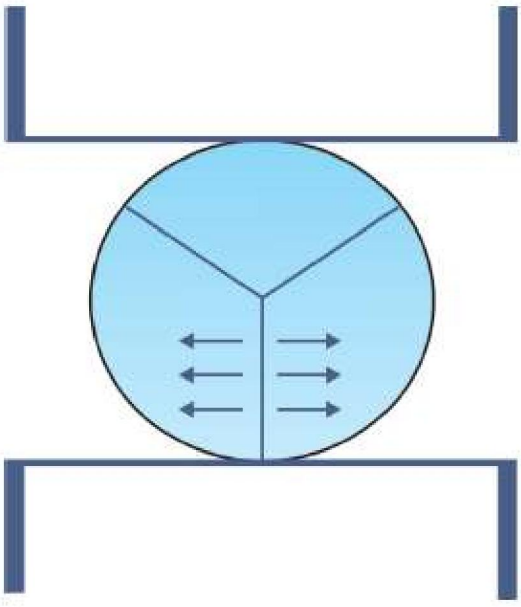


Figure 5 Diametral compression test. **الشكل 5: اختبار الانضغاط القطري**

في هذه الطريقة؛ يتم تطبيق حمل ضاغط على عينة مخروطية قصيرة.

يتناسب جهد الشد مباشرة مع الحمل المطبق، كما يظهر في الصيغة

جهد الشد= التحميل/ π (القطر x الثخانة)

قوة الانضغاط

تحدد قوة الانضغاط أو السحق من خلال إخضاع عينة أسطوانية إلى حمل ضاغط.

يتم الحصول على قيمة القوة من المساحة العرضية والقوة المطبقة.

على الرغم من أن التحميل ضاغط في طبيعته، إلا أن الفشل يحدث نتيجة لجهود مركبة.

قوة القص

قوة القص هي الجهد الأعظمي الذي يمكن أن تقاومه المادة قبل الفشل في نموذج قص من التحميل.

يتم فحصها باستخدام الثاقب أو طريقة الدفع ، وتكون صيغتها كالآتي:

قوة القص= القوة/πDH

F: القوة

D: قطر الثاقب

H: ثخانة العينة

التطبيق

تستخدم لدراسة السطح البيني بين مادتين كالخزف المصهور إلى معدن.

قوة الالتواء أو القوة المستعرضة

يتم الحصول على القوة المستعرضة، أو معامل الالتواء، أو قوة الثني، أو قوة الكسر عندما يتم تطبيق حمل في منتصف عارضة مدعومة من طرفيها.

تستخدم ثلاثة أنواع من اختبارات الالتواء

1. اختبار الالتواء ثلاثي النقاط.
2. اختبار الالتواء رباعي النقاط.
3. اختبار الالتواء ذي المحورين.

In this method, a compressive load is placed on the diameter of a short cylindrical specimen.

The tensile stress is directly proportional to the load applied as shown in the formula.

$$\text{Tensile-stress} = \frac{2P}{\pi \times D \times T} = \frac{(\text{load})}{\pi(\text{diameter} \times \text{thickness})}$$

Compressive Strength

Compressive strength or 'crushing strength' is determined by subjecting a cylindrical specimen to a compressive load.

The strength value is obtained from the cross-sectional area and force applied.

Though the load is compressive in nature, the failure is due to complex stresses.

Shear Strength

Shear strength is the maximum stress that a material can withstand before failure in a shear mode of loading.

It is tested using the punch or pushout method.

The formula is as follows.

$$\text{Shear Strength} = \frac{F}{\pi DH}$$

Where, F is the force
D is punch diameter
H is the thickness of the specimen

Application

Used to study the interface between two materials, e.g. porcelain fused to metal.

Transverse or Flexural Strength

Transverse strength or modulus of rupture, or bend strength, or fracture strength is obtained when a load is applied in the middle of a beam supported at each end.

Three types of flexural tests are used

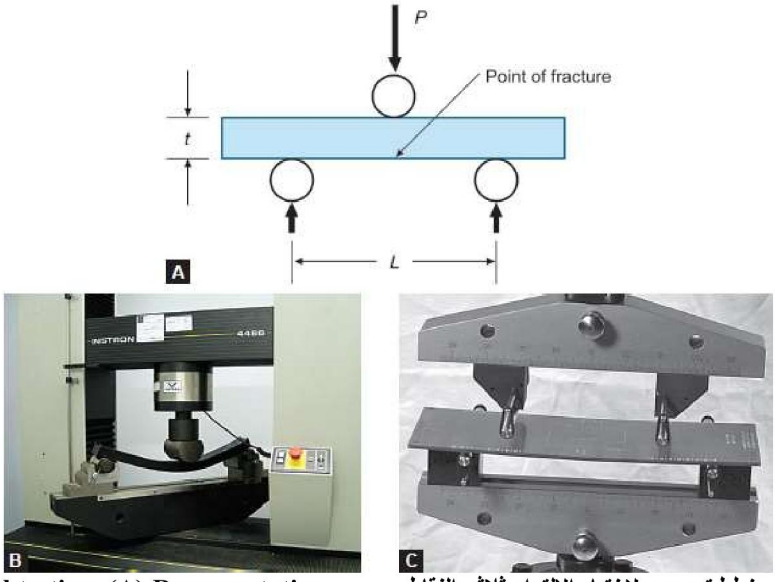
1. Three-point flexural test
2. Four-point flexural test
3. Biaxial flexural test

Three-point flexural test

This test is also called a three-point bending test (3PB) **(Figs. *6*)**.

اختبار الالتواء ثلاثي النقاط

يسمى أيضاً باختبار الطي ثلاثي النقاط (3PB) (الشكل 6).



Figures 2.11A to C Flexural testing. (A) Representation of 3-point flexure testing. (B) 3-point flexure tester. (C) 4-point flexure tester.

(الشكل 6): اختبار الالتواء. A: مخطط ترسيمي لاختبار الالتواء ثلاثي النقاط. B: فاحص الالتواء ثلاثي النقاط. C: فاحص الالتواء رباعي النقاط.

The flexure strength may be represented by the formula below.

$$\text{Flexural Strength of} = \frac{3PL}{2wt^2}$$

where, P = fracture load in Newtons
w = width of the specimen
t = thickness of the specimen

يمكن أن تمثل قوة الالتواء بالصيغة:

$$\text{قوة الالتواء } (\alpha f) = 2WT^2/3PL$$

P: حمل الكسر مقدراً بالنيوتن
W: عرض العينة
T: ثخانة العينة

Four-point flexural test

The addition of a 4th bearing brings a much larger portion of the beam to the maximum stress.

This difference is of prime importance when studying brittle materials, where the number and severity of flaws exposed to the maximum stress is directly related to the flexural strength and crack initiation.

Formula for the four-point flexural test is shown below.

$$\text{Flexural Strength } \alpha f = \frac{3PL}{4wt^2}$$

اختبار الالتواء رباعي النقاط

إن إضافة حمل رابع يجعل جزءاً كبيراً من العارضة يصل إلى الجهد الأعظمي.

هذا الاختلاف مهم جداً عند دراسة المواد القصفة حيث يرتبط عدد التصدعات وشدتها مباشرة بقوة الالتواء وبدء التصدعات.

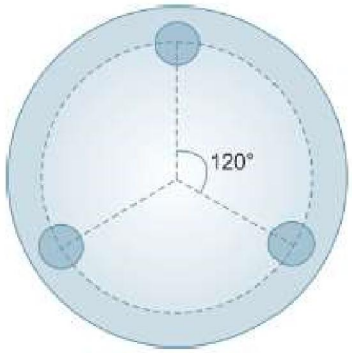
صيغة اختبار الطي رباعي النقاط :

$$\text{قوة الالتواء } (\alpha f) = 4WT^2/3PL$$

اختبار الطي ثنائي المحور

يستخدم هذا الاختبار لتجنب مشكلة انكسارات الحافة التي يمكن أن تحدث مع اختبارات الطي الأخرى.

تستخدم عينات على شكل أقراص بقطر 12 مم وثخانة 1.2 مم (الشكل 7).



(الشكل 7): اختبار الطي ثنائي المحور.

يتم دعم القرص بوساطة ثلاثة كرات (بقطر 3.2 مم)، ويتم تطبيق التحميل بوساطة مكبس مدور النهاية.

التطبيق

يستخدم لاختبار مواد مثل الخزف.

إحصائيات وايبول

تحليل وايبول

ابتكر والودي وايبول توزع وايبول عام 1937 وسلم مقالته المميزة عام 1951، والتي تعرف أيضاً بـــ "تحليل معطيات الحياة".

الميزة الرئيسة لتحليل وايبول هي القدرة على تأمين تحليل فشل دقيق إلى حد معقول وتنبؤات بالفشل.

وبالتالي؛ يستخدم لتقدير خصائص عمر مهمة للمنتج مثل الموثوقية أو احتمال الفشل في وقت محدد، متوسط الحياة للمنتج ومعدل الفشل.

على الرغم من أن المصانع تؤمن معلومات عن قيم القوة.

Biaxial flexural test

This test is used to avoid the problem of edge fractures which can occur with the other flexural tests.

Disc-shaped specimens are used of 12 mm diameter and 1.2 mm thickness **(Fig. 7)**.

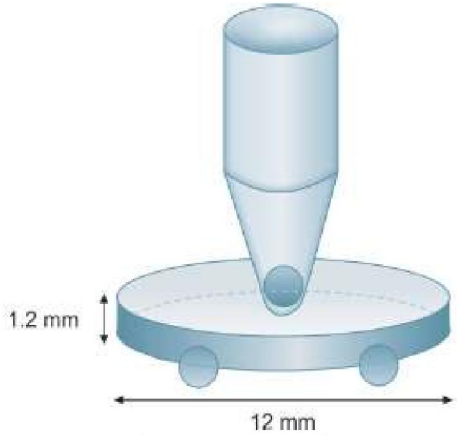


Figure 7: Biaxial flexural test.

The disc is supported by 3 balls (3.2 mm diameter). The load is applied by a round ended piston.

Application

Used to test materials like porcelain.

Weibull statistics

Weibull analysis

Waloddi Weibull invented the Weibull distribution in 1937 and delivered his hallmark paper on this subject in 1951. It is also known as 'life data analysis'.

The primary advantage of Weibull analysis is the ability to provide reasonably accurate failure analysis and failure forecasts.

Thus, it is used to estimate important life characteristics of a product such as reliability or probability of failure at a specific time, the mean life for the product and failure rate.

Although manufacturers provide data on strength values.

This typically represents the mean value of a specific test. This may not correlate with its strength and survival probability under clinical situations because in the mouth the restorations experience cyclic loading conditions.

It would be more useful to know the 95% stress level. This is the stress level below which 95% of the specimens would survive the stress test.

Dental application

Many restorative materials in dentistry are brittle materials like resins and ceramics.

These materials do not exhibit a normal or symmetric distribution of strength values.

The failure probability of brittle materials like resins and ceramics is best described using Weibull analysis which is based on the concept of the weakest link.

Weibull modulus

The Weibull modulus represents the distribution of flaws in a brittle material or the distribution of strength determined from the fracture probability versus failure test.

Significance

1. A low Weibull modulus indicates a material which is inconsistent in strength, has a wide variation of fracture force and, therefore, has low reliability as a restorative material, e.g. Weibull modulus for ceramics range from 5-15.

2. A higher Weibull modulus indicates a material with greater reliability as a structural material, e.g. Metals which are ductile have Weibull modulus above 20.

Stress Concentration

A stress concentration (often called stress raisers) is a location in an object where stress is concentrated.

هذا الأمر يؤمن نموذجياً قيمة وسطية لاختبار محدد، إلا أنه قد يكون غير مرتبط بقوتها أو احتمال استمرارها في الحالات السريرية لأن الترميمات تعاني ضمن الفم من حالات تحميل دورية.

قد يكون من المفيد معرفة مستوى الجهد الـ 95%، وهو الجهد الذي تحته ستتجاوز العينات اختبار الجهد.

التطبيق السني

العديد من المواد الترميمية في طب الاسنان هي مواد قصفة كالراتنجات والخزف.

لا تظهر هذه المواد قيماً طبيعية أو توزعاً متناظراً للقوة.

يمكن أن يوصف احتمال فشل المواد القصفة كالراتنجات والخزف بشكل أفضل باستخدام تحليل وايبول الذي يستند على مفهوم الارتباط الضعيف.

معامل وايبول

يمثل توزع التصدعات في المادة القصفة أو توزع القوة المحددة من احتمالية الكسر مقابل اختبار الفشل.

الأهمية

يشير معامل وايبول المنخفض إلى أن المادة، غير المتجانسة في القوة، تتمتع باختلاف واسع بقوة الكسر، وبالتالي لها موثوقية ضعيفة كمادة ترميمية، مثال: معامل وايبول للخزف يتراوح بين 5-15.

يشير معامل وايبول العالي إلى أن المادة ذات موثوقية كبيرة كمادة هيكلية، مثال : المعادن المرنة لها معامل وايبول فوق الـ 20.

تركيز الإجهاد

(أحياناً يدعى مسببات الإجهاد)، وهو موقع ضمن الجسم يرتكز فيه الإجهاد.

Causes of stress concentration

Knowledge of the causes and effects of stress concentration is important in dental restorations to prevent early failure.

Stress concentrations occur due to

1. Structural defects
2. Improper design

Structural defects

An object is strongest when force is evenly distributed over its area, so a reduction in area, e.g. caused by a crack, results in a localized increase in stress.

A material can fail, via a propagating crack, when a concentrated stress exceeds the material's theoretical cohesive strength.

The real fracture strength of a material is always lower than the theoretical value because most materials contain small cracks or contaminants (especially foreign particles) that concentrate stress.

Design defects

A structure should be designed in such a way that stress is evenly distributed.

An example of a stress concentration design is a narrow post with supporting a large core.
The weakest point of this structure is at the junction of the post and core. When occlusal forces are applied, stress concentration at this point can lead to a fracture.
Slight alteration of design can reduce stress concentration. In this case increasing the diameter of the post and increasing the bulk of the metal at the junction of the post to the core so that the transition is gradual rather than abrupt.

Fatigue

A structure subjected to repeated or cyclic stresses below its proportional limit can produce abrupt failure of the structure. This type of failure is called fatigue.

أسباب تركيز الإجهاد

من المهم معرفة أسباب وتأثيرات تركيز الإجهاد في الترميمات السنية للوقاية من الفشل المبكر.

تحدث تركيزات الإجهاد نتيجة لـ:

1. عيوب بنيوية
2. تصميم غير مناسب

العيوب البنيوية

يكون الجسم أقوى عند توزع القوة بشكل متساوٍ على كامل مساحته، وبالتالي التخفيض في المساحة، الناتج عن صدع، يسبب تركز متوضع للجهد.

يمكن أن تفشل المادة، نتيجة تزايد التصدع، عندما يتجاوز الجهد قوة تماسك المادة النظرية.
تكون قوة الانكسار الحقيقة للمادة أقل دائماً من القيمة النظرية، لأن معظم المواد تحتوي تصدعات صغيرة أو شوائب (لاسيما جزيئات أجنبية) تسبب تركيز الجهد.

عيوب التصميم

يجب أن يتم التصميم بطريقة يتم فيها توزع الجهد بالتساوي.

مثال على تركيز الجهد: وتد ضيق يدعم قلب كبير.

النقطة الأضعف لهذا الهيكل هي نقطة اتصال القلب بالوتد، فعند تطبيق القوى الإطباقية على هذه النقطة، يمكن أن يؤدي تركيز الجهد إلى كسر.

قد يقلل تغيير بسيط في التصميم من تركيز الجهد، ففي هذه الحالة، زيادة قطر الوتد سيزيد من كتلة المعدن عند اتصال الوتد مع القلب بحيث يكون الانتقال تدريجياً بدلاً من أن يكون شديداً.

التعب

يمكن أن يتسبب الهيكل الخاضع إلى إجهادات متكررة أو دورية تحت حد تناسبه إلى فشل البنية، وهذا النوع من الفشل يسمى التعب.

Fatigue behavior is determined by subjecting a material to a cyclic stress of a known value and determining the number of cycles that are required to produce failure.

The stresses used in fatigue testing are usually very low. However, the repeated application causes failure.

يتم تحديد سلوك التعب من خلال إخضاع المادة إلى جهد دوري بقيمة معروفة وتحديد عدد الدورات المطلوبة لإحداث الفشل.

تكون الجهود المستخدمة في اختبارات التعب عادةً منخفضة جداً، ولكن التطبيق المتكرر يسبب الفشل.

Application

Restorations in the mouth are often subjected to cyclic forces of mastication. In order to last, these restorations should be able to resist fatigue.

التطبيق

تخضع الترميمات ضمن الفم غالباً إلا قوى دورية من سوء الإطباق، ولضمان استمرار هذه الترميمات لابد من أن تكون قادرة على مقاومة التعب.

Static Fatigue

It is a phenomenon exhibited by some ceramic materials. These materials support a high static load for a long period of time and then fail abruptly.

This type of failure occurs only when the materials are stored in a wet environment and this property is related to the effect of water on the highly stressed surface of the material.

التعب الساكن

وهو ظاهرة تشاهد عند بعض المواد الخزفية، وهذه المواد تدعم تحميل ساكن عالي لمدة طويلة من الزمن ومن ثم تفشل بشدة.

يحدث هذا النوع من الفشل فقط عند تخزين المواد ضمن بيئات رطبة وهذه الخاصية تتعلق بتأثير الماء على سطوح المادة المجهدة بشدة.

TOUGHNESS

It is defined as the energy required to fracture a material.

It is a property of the material which describes how difficult the material would be to break.

Toughness is also measured as the total area under the stress-strain curve **(Fig. 8)**.

المتانة

تعرف بأنها الطاقة المطلوبة لكسر المادة.

وهي خاصية المادة التي تصف مدى صعوبة كسرها.

كما تقاس المتانة بالمساحة الكلية تحت منحني الجهد–إجهاد (الشكل 8).

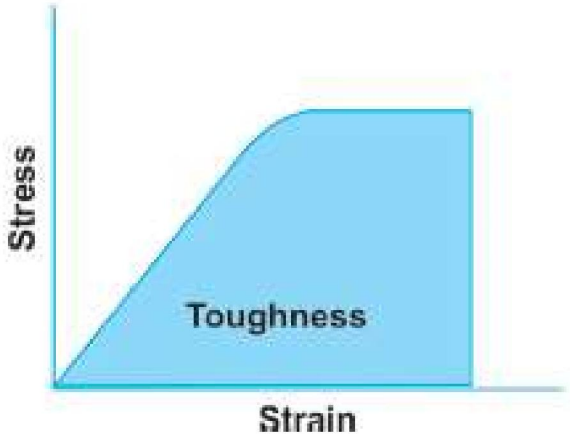


Figure 8: Area of toughness in the stress-strain curve.

(الشكل 8): مساحة المتانة في منحني الجهد-إجهاد

BRITTLENESS

A brittle material fractures at or near its proportional limit.

Brittleness is the opposite of toughness, e.g. glass is brittle at room temperature. It will not bend appreciably without breaking.

It should not be wrongly understood that a brittle material lacks strength.

From the above example of glass, we see that its shear strength is low, but its tensile strength is very high. If glass is drawn into a fiber, its tensile strength may be as high as 2800 MPa.

Application

Many dental materials are brittle, e.g. porcelain, cements, dental stone, etc.

Ductility

It is the ability of a material to withstand permanent deformation under a tensile load without rupture.

A metal that can be drawn readily into a wire is said to be ductile.

Ductility is dependent on tensile strength.

Ductility decreases as the temperature is raised.

Ductility may be measured by three methods

• . By measuring the percentage elongation after fracture.

• . By measuring reduction in cross-sectional area of fractured ends in comparison to the original area of the wire or rod and the method is called reduction in area method.

• . By using the cold bend test.

MALLEABILITY

It is the ability of the material to withstand rupture under compression, as in hammering or rolling into a sheet.

It is not dependent on strength as is ductility.

القصافة

تتكسر المادة القصفة عند حد تناسبها أو بالقرب منه.

القصافة عكس المتانة، فمثلاً الزجاج قصف بدرجة حرارة الغرفة، ولن ينطوي بشكل ملحوظ من دون كسر.

لا يجب أن نفهم بشكل خاطيء أن المادة القصفة تفتقر للقوة.

فمن المثال السابق؛ نرى أن قوة القص منخفضة، لكن قوة الشد عالية جداً، فعند سحب الزجاج إلى ألياف، قد تصل قوة الشد إلى 2800 ميغابكسل.

التطبيق

العديد من المواد السنية قصفة، مثل: الخزف، الاسمنتات، الحجر السني، وغيرها.

قابلية السحب

قدرة المادة على مقاومة التشوه الدائم تحت تحميل الشد دون تمزق.

يقال عن المعدن الذي يمكن سحبه ضمن سلك بأنه قابل للسحب.

تعتمد قابلية السحب على قوة الشد.
تتناقص قابلية السحب مع ارتفاع درجة الحرارة.

يمكن قياس قابلية السحب بثلاثة طرق:

- من خلال قياس النسبة المئوية للتطاول بعد الكسر.
- من خلال قياس انخفاض الساحة العرضية لنهايات الكسر بالمقارنة مع المساحة الأصلية للسلك أو القضيب وتدعى هذه الطريقة بطريقة الانخفاض في المساحة.
- من خلال اختبار الطي البارد.

قابلية التطريق

هي قدرة المادة على مقاومة التمزق تحت الضغط عند طرقها أو لفها.

وهي لا تعتمد على القوة كما هو الحال بالنسبة لقابلية السحب.

Malleability increases with rise in temperature.

Toughness of a material is dependent upon the ductility (or malleability) of the material than upon the flexibility or elastic modulus.

تزيد قابلية التطريق مع ارتفاع الحرارة.

تعتمد متانة المادة على قابليتها للسحب والتطريق أكثر من اعتمادها على الالتواء أو معامل المرونة.

Application of malleability and ductility

Gold is the most ductile and malleable metal. This property enables manufacturers to beat it into thin foils. Silver is second.

Among other metals, platinum ranks third in ductility and copper ranks third in malleability.

تطبيق قابلية السحب والتطريق

الذهب هو أكثر معدن قابل للسحب والتطريق، وهذه الخاصية تمكن المصانع من طرقه إلى صفائح رقيقة، في حين تحتل الفضة المرتبة الثانية.

من بين المعادن الأخرى؛ يصنف البلاتين بالمرتبة الثالثة بقابلية التطريق، والنحاس بالمرتبة الثالثة بقابلية السحب.

Hardness

Hardness is difficult to define specifically.

There are numerous factors which influence the hardness of a material such as strength, proportional limit, ductility, malleability, etc.

In mineralogy the hardness is described as the ability of a material to resist scratching.

In metallurgy and in most other fields, the resistance to indentation is taken as the measure of hardness.

There are many surface hardness tests **(Fig. 9)**.

القساوة

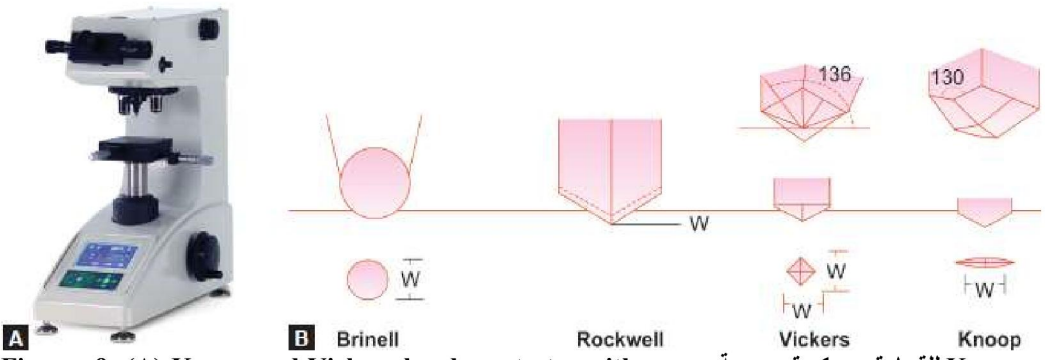
من الصعب تعريف القساوة بشكل محدد.

توجد العديد من العوامل التي تؤثر على قساوة المادة مثل: القوة، حد التناسب، قابلية السحب، قابلية التطريق، وغيرها.

توصف القساوة في علم المعادن بأنها قدرة المادة على مقاومة الخدش.

تستخدم مقاومة التثليم في التعدين وغالبية المجالات الأخرى لقياس القساوة.

يوجد العديد من اختبارات قساوة السطح (الشكل 9).



Figrues 9: (A) Knoop and Vickers hardness tester with microscope. (B) Various hardness tests.

الشكل 9: A، فاحص Knoop and Vickers للقساوة مع مكبرة مجهرية. B، فواحص متعددة للقساوة.

Brinell

The Brinell hardness scale was developed by a Swedish engineer named Johan August Brinell in 1900.

The Brinell test utilizes a 10 mm diameter steel ball as an indenter, applying a uniform 3000 kgf (29 kN) force.

برينيل

تم تطوير مقياس برينيل للقساوة عام 1900 من قبل مهندس سويدي يدعى أوغست برينيل.

يستخدم فاحص برينيل كرة فولاذية بقطر 10 مم لإحداث ثلم، تطبق قوة 3000 kgf (29 كيلو نيوتن) موحدة.

A smaller amount of force is used on softer materials and a tungsten carbide ball is used for harder materials.

The diameter of the indentation left in the test material is measured with a low powered microscope.

The load is divided by the area of the surface of the indentation and the quotient is referred to as Brinell Hardness Number (BHN).

Application

Used for measuring hardness of metals and metallic materials.

Rockwell Hardness Number (RHN)

Like the BH test, a steel ball or a conical diamond point is used. However, instead of measuring the diameter of the impression, the depth is measured directly by a dial gauge on the instrument.

Application

The Rockwell test has a wider application for materials, since Brinell test is unsuitable for brittle materials as well as plastic materials.

Vickers Hardness Test (VHN)

This is also similar to the Brinell test, however, instead of a steel ball, a diamond in the shape of a square pyramid is used **(Fig. 9)**.

Although the impression is square instead of round.

The load is divided by the area of indentation. The length of the diagonals of the indentation (sides of the diamond) are measured and averaged.

Application

Vickers test is used in the ADA for dental casting golds. This test is suitable for brittle materials and so is used for measuring hardness of tooth structure.

Knoop Hardness Test (KHN)

A diamond indenting tool **(Fig. 9)** is used of a different shape from that of Vickers.

يمكن أن يستخدم مقدار صغير من القوة للمواد الأكثر طراوة، وتستخدم كرة من التنغستين كربايد من أجل المواد الأقسى.

يقاس قطر الثلم المتبقي في المادة المختبرة بوساطة مكبرة مجهرية ذات طاقة منخفضة.

يقسم التحميل على مساحة سطح الثلم ويشار إلى ناتج القسمة بعدد برينيل للقساوة (BHN).

التطبيق

يستخدم لقياس قساوة المعادن والمواد المعدنية.

عدد روكويل للقساوة (RHN)

كما هو الحال بالنسبة لاختبار برينيل؛ يتم استخدام كرة فولاذية أو رأس ماسي مخروطي، ولكن بدلاً من قياس قطر الانطباع، يتم قياس العمق مباشرة بوساطة مقياس رقمي على الأداة.

التطبيق

توجد العديد من التطبيقات لاختبار روكويل للمواد، إلا أن اختبار برينيل غير مناسب للمواد القصفة والمواد اللدنة.

اختبار فايكرز للقساوة (VHN)

هذا الاختبار مماثل لاختبار برينيل، ولكن يتم استخدام هرم مربع الشكل ماسي بدلاً من الكرة الفولاذية (الشكل 9).

يكون الانطباع مربعي بدلاً من دائري.

يتم تقسيم التحميل على مساحة الثلم، ويتم قياس طول أقطار الثلم (جوانب الماس) ويتم حساب متوسطها.

التطبيق

يستخدم اختبار فايكرز في الـ ADA من أجل الذهب المصبوب السني، وهذا الاختبار مناسب للمواد القصفة ولذلك يستخدم لقياس قساوة النسيج السني.

اختبار نوب للقساوة (KHN)

تستخدم أداة تثليم ماسية بشكل مختلف عن أداة فايكرز (الشكل 9).

The indentation is narrower and more elongated.

Knoop hardness value is independent of the ductility of the material and values for both exceedingly hard and soft materials can be obtained from this test.

The Knoop and Vickers tests are classified as microhardness tests.

The Brinell and Rockwell tests are classified as macrohardness tests.

The Shore and the Barcol

These are less sophisticated tests. They are compact portable units **(Figs. 2.15A and B)**.

Figures 10: (A) Shore tester. (B) Barcol tester.

A metal indenter that is spring loaded is used.

The hardness number is based on depth of penetration and is read directly from a gauge.

Applications

Used for measuring the hardness of rubber and plastics.

ABRASION RESISTANCE

Like hardness, abrasion is influenced by a number of factors.

Hardness has often been used to indicate the ability of a material to resist abrasion.

يكون الثلم أضيق وأطول.

تكون قيمة نوب للقساوة مستقلة عن قابلية السحب للمادة، ويمكن الحصول على قيم للمواد شديدة القساوة والطراوة من هذا الاختبار.

تصنف اختبارات نوب وفايكرز بأنها اختبارات قساوة مجهرية.

تصنف اختبارات برينيل وروكويل بأنها اختبارات قساوة كبيرة.

The Shore and the Barcol

وهي اختبارات أقل تطور، تكون على شكل أجهزة مدمجة محمولة (الشكل 10).

تستخدم أداة تثليم معدنية يتم تحميلها.

يعتمد عدد القساوة على عمق الاختراق ويقرأ مباشرة من المقياس.

التطبيقات

يستخدم لقياس قساوة المطاط والمواد اللدنة.

مقاومة الانسحال

كما هو الحال بالنسبة للقساوة؛ يتأثر الانسحال بعدد من العوامل.

عادةً ما تستخدم القساوة لتشير إلى قدرة المادة على مقاومة الانسحال.

التطبيقات

هذا الاختبار مفيد لمقارنة المواد من نفس الصنف، مثال: يقارن أحد الاسمنتات مع اسمنت آخر ويتم قياس مقاومة الانسحال بمقارنة الاسمنت مع الآخر.

على كل حال؛ قد لا يكون مفيداً في مقارنة المواد من أصناف مختلغة مثل المعادن واللدائن.

الاختبار الوحيد الموثوق للانسحال هو الاختبار الذي يحفز الحالات التي ستخضع لها المادة في النهاية، مثال: اختبارات انسحال فرشاة الأسنان.

Applications

It is useful for comparing materials in the same class, e.g. one brand of cement is compared to another and their abrasion resistance is quoted in comparison to one another.

However, it may not be useful for comparing materials of different classes like metals and plastics.

The only reliable test for abrasion is a test procedure which simulates the conditions which the material will eventually be subjected to, e.g. toothbrush abrasion tests.

RHEOLOGY

Rheology is the study of flow of matter.

In dentistry, study of rheology is necessary because many dental materials are liquids at some stage of their use, e.g. molten alloy and freshly mixed impression materials and cements.

Other materials appear to be solids but flow over a period of time.

Terms and Properties in Rheology

Viscosity

Viscosity is the resistance offered by a liquid when placed in motion, e.g. honey is more viscous than water.

It is measured in poise or centipoise (1 cp = 100 p).

Creep

Time dependent plastic deformation or change of shape that occurs when a metal is subjected to a constant load near its melting point is known as creep. This may be static or dynamic in nature.

Static creep is a time dependent deformation produced in a completely set solid subjected to a constant stress.

Dynamic creep produced when the applied stress is fluctuating, such as in fatigue type test.

Importance

Dental amalgam has components with melting points that are slightly above room temperature and the creep produced can be very destructive to the restoration, e.g. glass tube fractures under a sudden blow but bends gradually if leaned against a wall.

Flow

It is somewhat similar to creep.

In dentistry, the term flow is used instead of creep to describe rheology of amorphous substances, e.g. waxes.

علم الجريان

هو دراسة تدفق المادة.

في طب الأسنان؛ دراسة علم الجريان ضرورية لأن العديد من المواد السنية هي سوائل في بعض حالات استخدامها كالخلائط المصهورة، المواد الطابعة حديثة المزج والاسمنتات.

تظهر المواد الأخرى صلبة ولكنها تتدفق مع مرور الوقت.

مصطلحات وخصائص في علم الجريان

اللزوجة

هي المقاومة التي يظهرها السائل عند وضعه في وضع حركي، مثال: يتحرك العسل بشكل لزج فوق الماء.

تقاس بالـــ بواز أو الـــ سينتي بواز (1 cp = 100 p).

الزحف

يعرف بأنه التشوه اللدن المرتبط بالزمن أو التغير في الشكل الذي يحدث عند إخضاع المعدن إلى حمل ثابت قرب نقطة انصهاره، وقد يكون ذو طبيعة ساكنة أو حركية.

الزحف الساكن: تشوه متعلق بالزمن ينتج ضمن جسم صلب خاضع إلى جهد ثابت.

الزحف الحركي: ينتج عنما يكون الجهد المطبق متقلب (غير ثابت)، كما في اختبار نوع التعب.

الأهمية

يتمتع الأملغم السني بمكونات لها نقاط انصهار تكون أعلى بقليل من درجة حرارة الغرفة، ويمكن أن يكون الزحف الناتج مدمراً للترميم، مثال: ينكسر أنبوب الزجاج إثر ضربة مفاجئة ولكنه ينحني إذا استند على الجدار.

التدفق

وهو مماثل بعض الشيء للزحف.

يستخدم مصطلح التدفق في طب الأسنان بدلاً من الزحف لوصف علم المواد غير المتبلورة، مثل الشمع.

على الرغم من أن الزحف أو التدفق يمكن قياسه تحت أي نوع من الجهد، غالباً ما يستخدم الانضغاط لاختبار المواد السنية.

التميع بالهز

تظهر هذه المواد لزوجة مختلفة بعد تشوهها.

مثال: يظهر الطلاء المطاطي للسقف لزوجة منخفضة بعد تحريكه بقوة.

تظهر اسمنتات أكسيد الزنك والأوجينول لزوجة منخفضة بعد مزجها بقوة.

الارتخاء

يحاول كل عنصر بالطبيعة أن يبقى بوضعية مستقرة.

إذا تغير العنصر من وضعية التوازن أو الاستقرار بوساطة قوى فيزيائية أو كيميائية، فإنه يحاول أن يعود إلى شكله الأصلي.

عندما تتشوه المواد، تنحصر الجهود الداخلية نتيجة انزياح الذرات، تصبح الحالة غير مستقرة وتحاول الذرات أن تعود إلى شكلها الأصلي.

هذا الأمر يؤدي إلى تغير في الشكل أو المحيط في الجسم الصلب لأن الذرات أو الجزيئات تعيد رصف نفسها.

هذا التغير بالشكل نتيجة تحرير الجهود يعرف بالارتخاء.

وهنا يقال أن المادة مشوهة.

أمثلة: الشموع والمواد الملدنة حرارياً تشبه مركب يخضع للارتخاء بعد معالجتها.

معدل جهد وإجهاد القص

عند وضع سائل بين صفيحتين وتحريك الصفيحة العلوية إلى اليمين، فإن الجهد المطلوب لتحريك الصفيحة يطلق عليه جهد القص (= القوة المطبقة/ مساحة الصفيحة F/A).

يدعى التغير الناتج بـــ معدل إجهاد القص (= سرعة الصفيحة/ المسافة المغطاة V/d).

Although creep or flow may be measured under any type of stress, compression is usually employed for testing of dental materials.

Thixotropic

These materials exhibit a different viscosity after it is deformed,

e.g. latex paints for ceilings show lower viscosity after it is stirred vigorously.

Zinc oxide eugenol cements show reduced viscosity after vigorous mixing.

Relaxation

Every element in nature makes an attempt to remain in a stable form.

If an element is changed from its equilibrium or stable form by either physical or chemical means, it tries to come back to its original form.

When substances are deformed, internal stresses get trapped because of the displacement of the atoms. The condition is unstable and the atoms try to return to their original positions.

This results in a change in shape or contour in the solid as atoms or molecules rearrange themselves.

This change in shape due to release of stresses is known as relaxation.

The material is said to warp or distort.

Examples, Waxes and other thermoplastic materials like compound undergo relaxation after they are manipulated.

Shear stress and shear strain rate

A liquid is placed between two plates and the upper plate is moved to the right. The stress required to move the plate is called shear stress (= F/A or force applied/ area of plate).

The change produced is called shear strain rate (= V/d or velocity of plate/distance covered).

Newtonian

Shear stress and shear strain rate can be plotted.

An ideal fluid shows a shear strain rate that is proportional to shear stress. This behavior is called Newtonian **(Fig. 11)**.

النيوتوني

يمكن تخطيط معدل الجهد ومعدل الإجهاد.

يظهر السائل المثالي معدل إجهاد قص متناسب مع جهد القص، وهذا السلوك يدعى النيوتوني (نسبة إلى نيوتن) (الشكل 11).

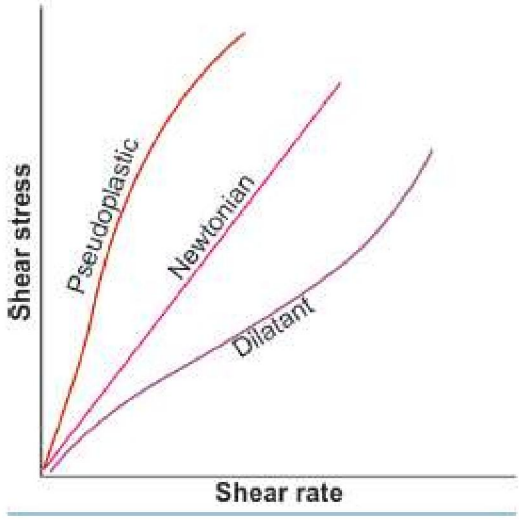


Figure 11: Shear diagrams of pseudoplastic,Newtonian and dilatant liquids.

(الشكل 11): مخطط ترسمي للقص للسوائل النيوتونية اللدنة الكاذبة والسوائل الممدة.

Pseudoplastic

If a material viscosity decreases with increase in shear rate, it is said to exhibit pseudoplastic behavior,

e.g. elastomeric impression materials when loaded into a tray shows a higher viscosity, whereas the same material when extruded under pressure through a syringe tip shows more fluidity **(Fig. 11)**.

اللدائن الكاذبة

إذا تناقصت لزوجة المادة مع ارتفاع معدل القص، فإنه يقال بأنها تظهر سلوكاً لدائنياً كاذباً.

مثال: تظهر المواد الطابعة المطاطية عند وضعها في الطابع لزوجة عالية، بينما تظهر المادة نفسها لزوجة عالية عند دفعها عبر رأس المحقنة مع تطبيق ضغط (الشكل 11).

Dilatant

These are liquids that show higher viscosity as shear rate increases,

e.g. fluid denture base resins **(Fig. 11)**.

التمديد

توجد سوائل تظهر لزوجة أعلى عند زيادة معدل القص.

مثال: قواعد الجهاز السني السيالة (الشكل 11).