

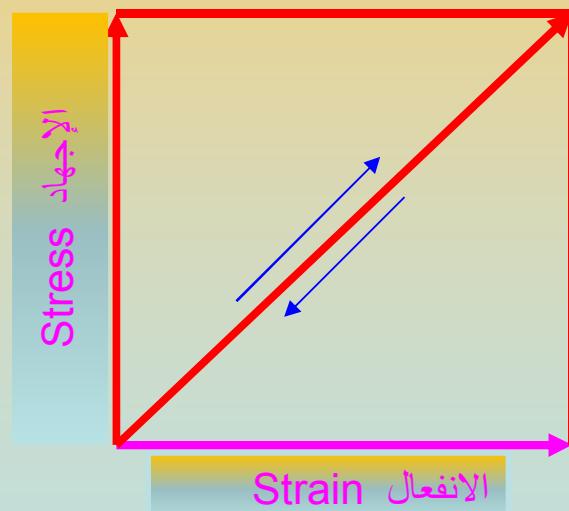
أنواع الانفعال Kinds of Strain

وذلك تكون المطابعة (الانفعال) على نوعين هما:

1. الانفعال المرن.
2. الانفعال اللدن.

1. الانفعال المرن Elastic Strain

وهو انفعال عكسي، إذ يتلاشى الانفعال بعد إزالة الإجهاد المسلط، إن قيمة الانفعال المرن تتناسب طردياً مع مقدار الإجهاد المسلط، كما هو موضح في الشكل (8).

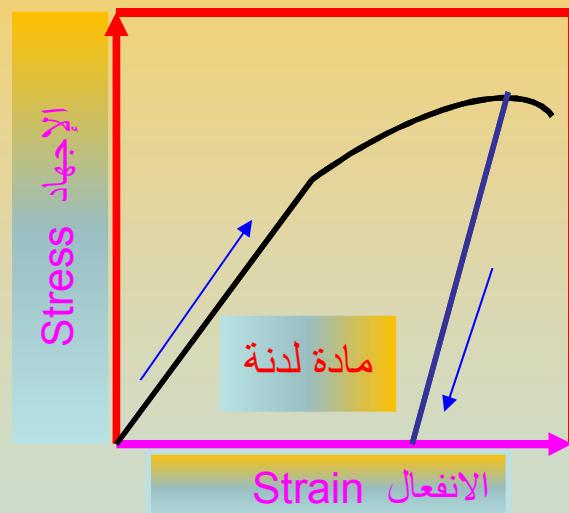


الشكل (8) علاقة الانفعال – الإجهاد للجسم المرن

ومن أمثلة هذه المواد المرنة، الياف الكواتز Quartz Fiber، التي تقترب مرونتها من المرونة التامة.

الانفعال اللدن: Plastic Strain

وهو انفعال غير عكسي، إذ لا يتلاشى الانفعال بعد إزالة الإجهاد المسلط، ويكون ذلك بفعل الإجهاد الذي يتجاوز حدود المرونة، ويحدث الانفعال اللدن نتيجة الإزاحة الدائمة للذرات داخل المادة؟، على عكس الانفعال المرن الذي لا يحدث إزاحات دائمة للذرات ويبقى لكل ذرة نفس الذرات المجاورة لها قبل وبعد تسلیط الاجهاد ومن أمثلة هذه المواد اللدنة، المعاجين Putty التي تقترب لدونتها من اللدونة التامة. الشكل (9) يوضح الانفعال اللدن.



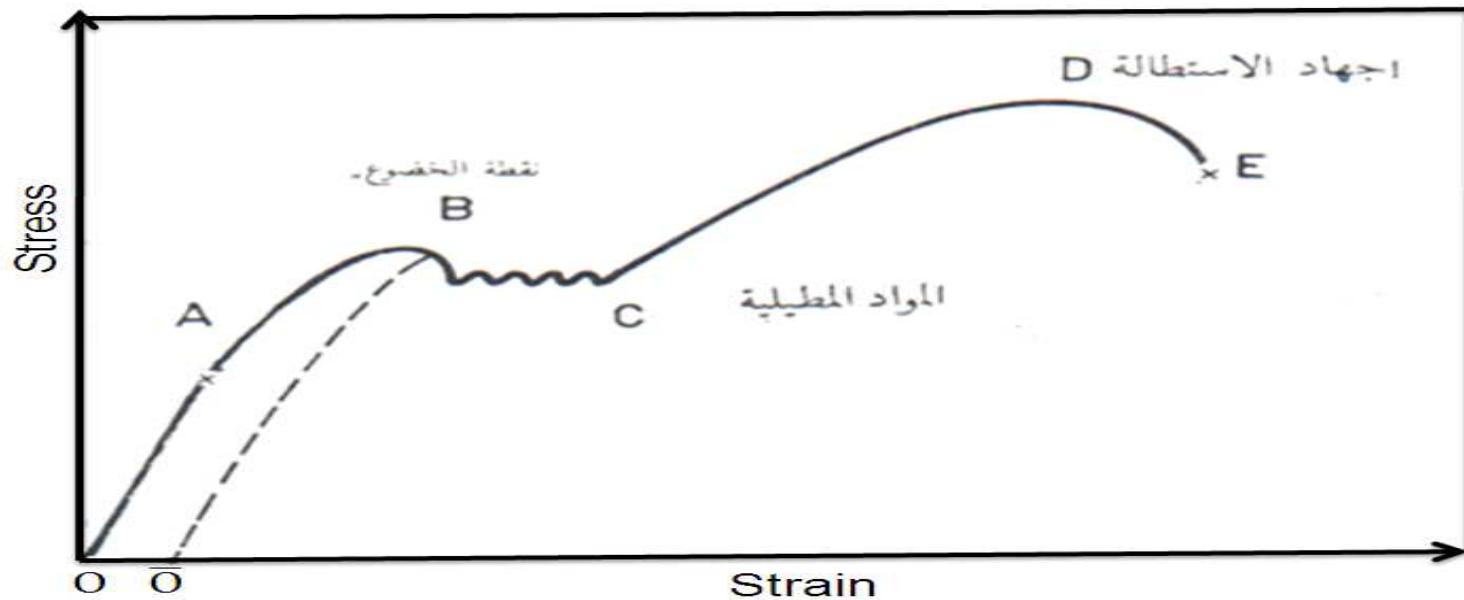
الشكل (9) علاقة الانفعال – الإجهاد للجسم اللدن.

منحنى الإجهاد – الانفعال Stress – Strain Curve

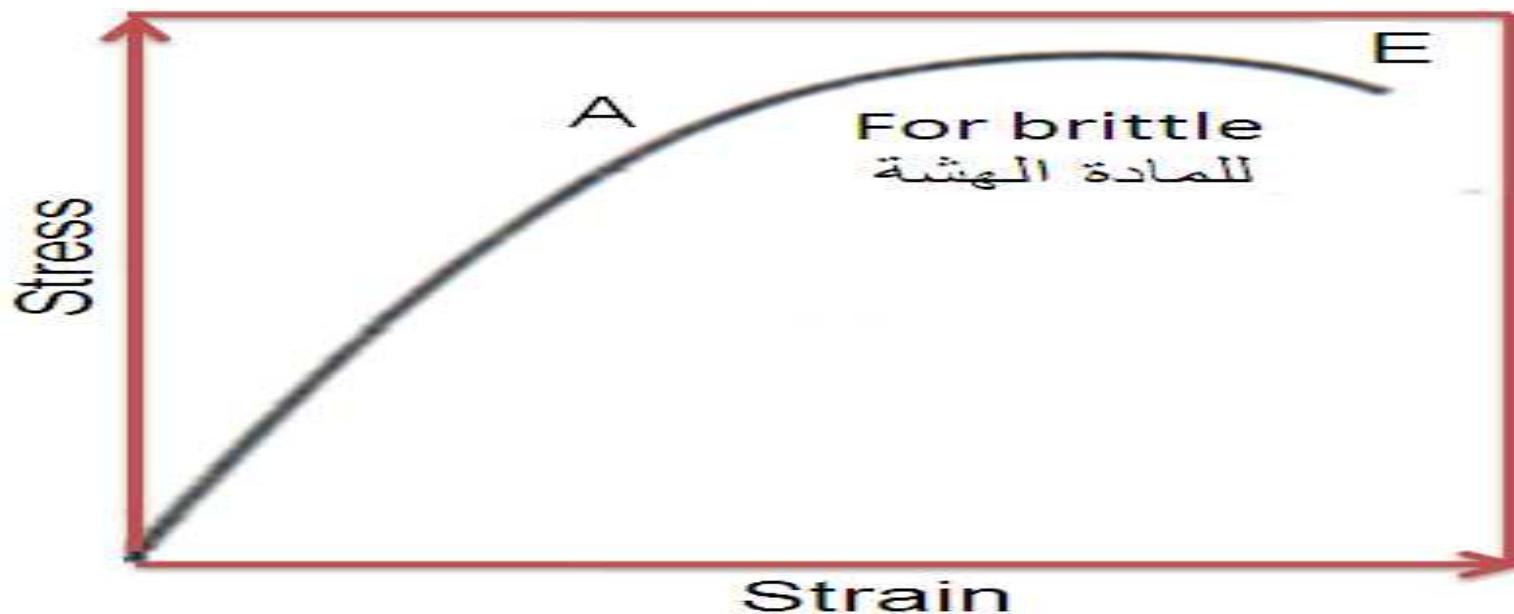
أن العلاقة بين الإجهاد المسلط على جسم ما والانفعال الناتج عنه، علاقة معقدة تعتمد على عوامل عده، منها 1. قوى الترابط بين ذرات وجزيئات المادة، 2. وكيفية ترتيب هذه الذرات والجزيئات 3. والعيوب البلورية التي تحتويها المادة، فضلاً عن 4. طريقة تحضير هذه المادة وتاريخها الحراري. وسنقتصر على شرح منحنى الإجهاد – الانفعال لسلك من الفولاذ. لو أخذنا سلكاً من الفولاذ وعرضناه إلى جهد متزايد (تقل) ورسمنا العلاقة بين الإجهاد والانفعال. إن منحى الإجهاد – الانفعال يوضحه الشكل (10)، والذي يبين إن الجزء OA يمثل خطأً مستقيماً وهي المنطقة التي يطبق فيها قانون هوك (أي إن الانفعال يتتناسب طردياً مع الإجهاد المسلط عليه) وفيها النقطة A التي تمثل نهاية المنطقة المستقيمة. وبعد النقطة A نجد إن الخط البياني ينحني، ويزداد الانفعال بصورة أكبر مما هو متوقع من قانون هوك. وتستمر هذه المنطقة إلى النقطة B . إن الاستطالة في هذه المنطقة تكون خليطاً من الاستطالة المرنة والاستطالة اللينة. أما المنطقة المحصور بين B و C والتي تكون موازية تقربياً لأحداثي الانفعال فيكون تغير المنحى فيها غير منتظم وان الانفعال يزداد بشكل كبير دون زيادة محسوسة في الإجهاد المسلط. إن نقطة بداية المنطقة BC ، تسمى بنقطة الخضوع (yield point). وفي المنطقة الواقعة بعد النقطة C والتي يحدث فيها انزلاقات في مادة السلك باتجاه المستويات ذات الإجهاد الكبير، سوف تتغير الخواص المرنة للمعدن، وان الاستطالة في هذه المنطقة تكون نتيجة للإجهاد القصي وليس نتيجة إجهاد الاستطالة. ومن الملاحظ إن النقطة C تقع تحت النقطة B . ويزداد الانفعال تبعاً لزيادة الإجهاد بصورة مطردة إلى أن نصل إلى نقطة تبدأ فيها حالة عدم الاستقرار، ويصبح السلك أكثر نحافة عند إحدى نهايتيه، ويظهر ظاهرة التخصر (necking) وهذه المرحلة تمثلها النقطة D. والتي بعدها يبدأ الإجهاد بالانخفاض تلقائياً ونحصل على المنطقة DE . ويحدث الانقطاع عند النقطة E . يطلق أحياناً على قيمة الإجهاد عند النقطة D بـ إجهاد الكسر (القطع) أو المتانة القصوى أو متانة السحب.

بعض الملاحظات المهمة:

1. أن نقصان مساحة المقطع العرضي للسلك يتاسب طردياً مع الانفعال بعد النقطة المرنة، بحيث يبقى حجم السلك ثابتاً.
2. إذا أزداد الإجهاد إلى حد لم يتجاوز فيه حد المرونة فان المنحني سيكرر نفسه عند تناقص الإجهاد وان الانفعال سيصل إلى قيمة الصفر عند إزالة الإجهاد.
3. أما إذا أزداد الإجهاد إلى حد يتجاوز فيه حد المرونة، فان منحنيناً جديداً سوف يظهر (المنحنى المنقط في الشكل (10)). وان الانفعال لا يرجع إلى قيمة الصفر عند إزالة الإجهاد.
4. إن فشل تطابق منحنى تناقص الإجهاد مع منحنى زيادته يعرف بـ الهاسترة المرنة، المشابهة للهاسترة المغناطيسية.
5. إن المادة التي تكون فيها المنطقة CE طويلة نسبياً، تكون قادرة على تحمل زيادة في الطول قبل القطع تسمى بالمادة المطالية (Ductile). أما المادة التي تكون فيها المنطقة CE قصيرة نسبياً وسوف تقطع عند تعرضها إلى زيادة ولو بسيطة في طولها تعرف بالمادة الهشة (Brittle)، انظر شكل (11). يأخذ المهندسون بنظر الاعتبار عدم تجاوز الإجهاد الأعظم لجزء محدد من إجهاد الكسر ويعرف هذا الجزء أو الكسر بإجهاد العمل (Working Stress) وان نسبة إجهاد الكسر إلى إجهاد العمل تعرف بعامل السلامة .(Factor of Safety)



الشكل (10) منحنى الانفعال – الإجهاد لسلك الفولاذ.



الشكل (11) منحنى الانفعال – الإجهاد للمادة الهشة.

معامل المرونة: Modulus of Elasticity

تعرف المرونة على أنها قابلية المادة على استعادة شكلها الأصلي بعد إزالة القوة المؤثرة والمسببة للتشوه. هناك أنواع مختلفة من المعاملات، يعتمد نوع المعامل على نوع التشوه الذي تتعرض له المادة. كالاستطالة والانحناء وغيرها. وتمثل جميع المعاملات بإيجاد نسبة الإجهاد إلى الانفعال. إن وحدات المعامل هي وحدات الإجهاد نفسه لأن الانفعال لا وحدات له. وعندما يكون الإجهاد ضمن حدود المرونة. فان نسبة الإجهاد إلى المطاوعة ستكون مقداراً ثابتاً، ويسمى هذا الثابت بمعامل المرونة Modulus of elasticity، أي أن:

معامل المرونة = (الإجهاد/الانفعال) أي أن (Modulus of Elasticity=Stress/Strain).

يعرف الحد المرن على انه أقل قيمة للإجهاد المسبب لانفعال (مطاوعة) ثابت في المادة. وضمن حدود المرونة تكون العلاقة خطية بين الإجهاد والانفعال ولا يعتمد على الزمن، وهذا ما يعرف بقانون هوک (Hooks Law). الذي ينطبق على معظم المواد المرنة في حالة حصول الانفعالات الصغيرة. إن العلاقة بين معامل المرونة ودرجة الحرارة علاقة عكسيّة، إذ يقل معامل المرونة بارتفاع درجة الحرارة، والسبب في ذلك يعود إلى إن ارتفاع درجة الحرارة يزيد الطاقة الحركية للذرات أو الجزيئات والتي تؤدي إلى التغلب على قوى الترابط بينها وبالتالي زيادة حجمها.

معامل يونك: (Y) Young's Modulus

يعرف معامل يونك بأنه نسبة الإجهاد إلى المطاوعة في حالتي الاستطالة والانكماش الطوليين أي أن:

معامل يونك = (الإجهاد الطولي/الانفعال الطولي)

$$Y = \frac{F/A}{\Delta L/L}$$

$$Y = \frac{F L}{A \Delta L}$$

إن وحدة معامل يونك هي وحدة الإجهاد نفسه أي N/m^2 أو lb/in^2 أو $dyne/cm^2$. يعتمد معامل يونك على نوع المادة وليس على أبعادها.