خواص المـــــــواد السنيـــة
PROPERTIES OF DENTAL MATERIALS

تصنيف المواد السنية: CLASSIFICATION OF DENTAL MATERIALS

تصنف المواد المستخدمة في طب الأسنان إلى ثلاثة أنواع:

١- المواد الوقائية: Preventive materials مثل المواد السادة للشقوق والوهاد والمواد الأخرى التي تمنع حدوث المرض السني.

٢- المواد الترميمية: Restorative materials وتشمل المواد المستخدمة في إصلاح أو استعاضة بنية السن، مثل الأملغم والكمبوزيت والخزف ومعادن الصب ومواد الأجهزة المتحركة.

٣- المواد الإضافية أو المساعدة: Auxiliary materials وهي المواد التي تساعد في إجراءات التصنيع ولكنها لا تدخل فعلاً في تركيب الترميمات أو التعويضات أو الأجهزة، مثل منتجات الجبس ومواد الطبع والمساحيق الكاسية والشموع وغيرها.

الخواص الميكانيكية للمواد السنية: Mechanical PROPERTIES OF DENTAL MATERIALS

تعرف الخصائص الميكانيكية حسب قوانين الميكانيك بأنها ذلك العلم الفيزيائي الذي يتعامل مع الطاقة والقوى وتأثيراتها على الأجسام.
تقيس كل الخصائص الميكانيكية مقاومة المادة للتشوه أو الانكسار تحت حمولة مطبقة عليها.

١- الجهد أو الإجهاد: STRESS

عندما تطبق قوة خارجية على جسم صلب يحدث رد فعل (مقاومة) لتلك القوة ورد الفعل هذا يساوي القوة الخارجية المطبقة بالقيمة ويعاكسها بالاتجاه وبالتالي فإن الإجهاد يساوي حاصل قسمة القوة المطبقة على السطح الخاضع للقوة والتي تؤثر بملايين الذرات أو الجزيئات المكونة للمادة. وتعرف هذه القوة الخارجية أيضاً بالحمل load.

Stress = Force/Area = F/A

يقاس الإجهاد بالباوند/الإنش المربع وأيضاً بواحدة الميغاباسكال وهي الأكثر استخداماً.

يمكن التمييز بشكل عام بين سلوكين للمواد التي تخضع لحمولة:

- سلوك مرن: عند تطبيق قوة ومن ثم إزالتها يعود الجسم إلى شكله الأصلي.
- سلوك غير مرن: عند تطبيق قوة ومن ثم إزالتها يتغير شكل الجسم بصورة دائمة.

هناك أنواع عديدة من الإجهادات والتي تحدث حسب طبيعة القوة المطبقة وشكل الجسم نميز منها:

إجهاد الضغط Compressive Stress

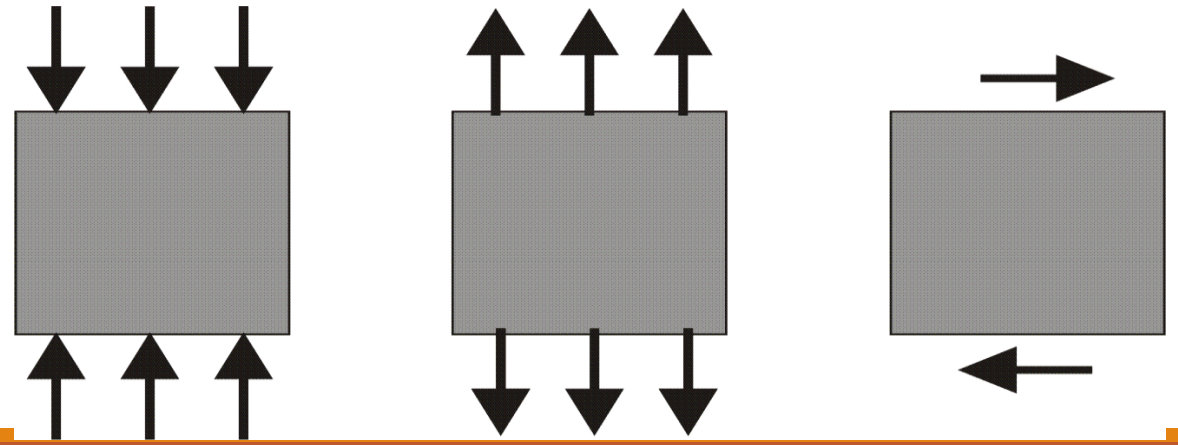
هو تلك المقاومة الحاصلة داخل جسم ما تجاه قوة خارجية تحاول ضغطه أو إنقاص طوله وينشأ نتيجة تطبيق قوتين متقابلتين في الاتجاه على استقامة واحدة على جسم ما.

إجهاد الشد Tensile Stress

هو المقاومة المتولدة داخل جسم ما تجاه قوى الشد المطبقة على هذا الجسم وتمنع ميله إلى الاستطالة أو التمدد وينشأ هذا الجهد نتيجة تطبيق قوتين متعاكستين في الاتجاه وعلى الاستقامة نفسها على جسم ما.

إجهاد القص Shearing Stress

هو القوة الداخلية المتولدة في جسم ما لمقاومة القوى الخارجية المطبقة عليه والتي تحاول زلق أجزاء من المادة على أجزاء أخرى ويتولد هذا الجهد بسبب تعرض الجسم لقوتين متقابلتين وعلى استقامتين مختلفتين.



٢- الانفعال: strain

وهو التغير في الطول على واحدة الطول، وهو التشوه النسبي لمادة تعرضت لإجهاد ويمكن أن يكون الانفعال مرناً أولدناً أو الاثنين معاً.

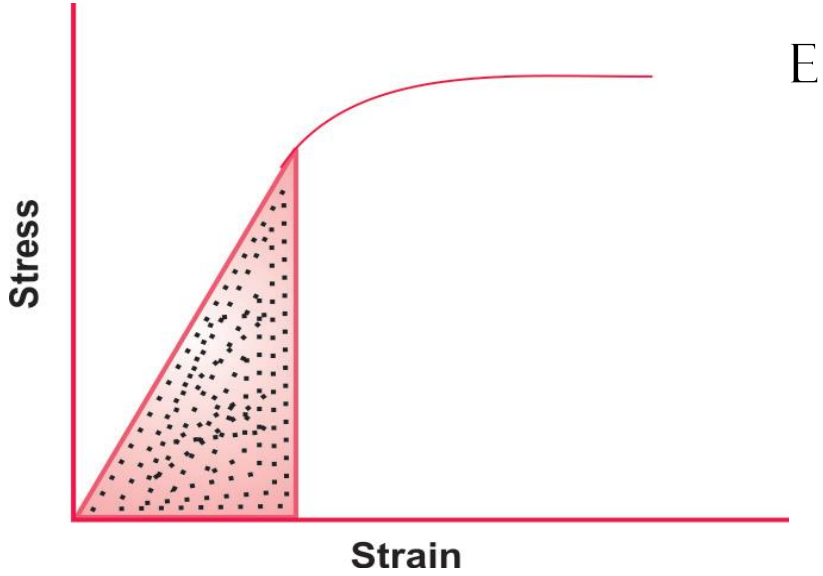
الانفعال المرن :elastic strain وهو تشوه عكوس حيث تعود المادة لشكلها الأصلي تماماً عند زوال القوة المطبقة.

الانفعال اللدن: plastic strain وهو حدوث تشوه دائم في المادة أي تشوه غير عكوس.

٣- معامل المرونة: Elastic modulus (young,s modulus)

يعبر معامل المرونة عن الصلابة النسبية للمادة stiffness or rigidity ويمكن أن يقاس بواسطة منحنى الإجهاد مع الانفعال.

لمعامل المرونة نفس واحدة الإجهاد ويقاس عادةً بالغيغا نيوتن على المتر المربع أو غيغا باسكال ويحسب من العلاقة التالية:



$$E = \text{stress} \div \text{strain} = F/A \div \Delta L/L_0$$

حيث E= معامل المرونة F= القوة أو الحمولة المطبقة

A= مساحة المقطع العرضي للمادة الخاضعة للحمولة

ΔL= التغير في الطول

L0= الطول الأصلي.

٤- المقاومة:strength

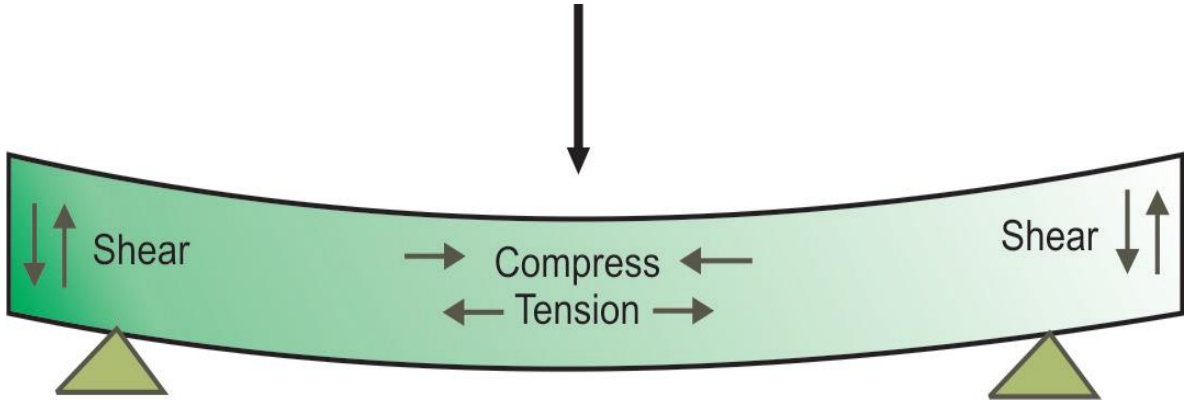
وهي عبارة عن القوة اللازمة لإحداث إما كسر في المادة فتسمى المقاومة العظمى ultimate strength أو إحداث كمية معينة من التشوه اللدن فتسمى مقاومة الخضوع yield strength.

٥- مقاومة الانحناء:flexural strength

وتسمى أيضاً بالمقاومة العرضية transverse strength أو معامل التمزق modulus of rupture وهي بشكل أساسي عبارة عن اختبار مقاومة لعارضة مدعومة من نهايتيها وخاضعة لحمولة ساكنة static load.

والصيغة الرياضية لحساب مقاومة الانحناء لهذه العارضة هي:

$$\sigma = 3pl / 2bd^2$$



حيث σ هي مقاومة الانحناء.

L= المسافة بين النهايتين المدعومتين.

b= عرض العارضة.

d= ثخانة العارضة.

P= الحمولة العظمى عند نقطة الانكسار.

٦- التعب: fatigue

يحدث التعب في كل المواد الصلبة وهو سبب شائع لفشل الترميمات التقليدية حيث يُنتج التعب مع مرور الوقت تصدعات مجهرية داخلية وتشظي خارجي في الترميم، فالتأثيرات السريرية للتعب هامة جداً لأن القوة اللازمة لإحداث الفشل تتناقص مع الوقت.

إذاً التعب هو انكسار المادة تحت حمولة متكررة.

٧- المتانة: toughness

وهي الطاقة اللازمة لإحداث الانكسار وتحسب من حاصل قسمة القوة على السطح في لحظة الانكسار، وتستخدم لأهداف المقارنة.

٨- القصافة: BRITTLENESS

المادة القصفة هي المادة التي تنكسر بالقرب من حدها النسبي (حد المرونة) وهي صفة معاكسة لصفة المتانة. فالزجاج قصف في درجة حرارة الغرفة فهو لا ينحني بدون أن ينكسر. لكن هذا لا يعني أن المادة القصفة تنقصها المقاومة فمقاومة الشد للزجاج تكون عالية جداً بمقدار 2800 MPa بينما مقاومة القص تكون ضعيفة.

٩- قابلية السحب Ductility

وهي قدرة المادة على مقاومة التشوه الدائم (الكسر أو الانقطاع) تجاه قوة الشد كما هو الحال في صناعة الأسلاك

وتتم عملية السحب بشد كتلة من الذهب مثلاً من صفيحة فولاذية تحتوي ثقوباً متفاوتة في حجمها.

ويمكن قياس قابلية السحب لمادة ما بقياس النسبة المئوية لزيادة الطول.

١٠- قابلية الطرق Malleability

وهي قابلية المادة للتمدد طولاً وعرضاً دون أن يحصل تشوه فيها كما هو الحال في تحويل أسطوانة نحاسية إلى صفيحة كبيرة ورقيقة دون حدوث تشقق أو تصدع أو ثقوب فيها.

ومن الجدير بالذكر أن زيادة درجة الحرارة يؤدي عادة إلى زيادة قابلية المادة للتطريق وينقص قابليتها للسحب أو المط.

الخواص الفيزيائية: physical properties

١- الكثافة: density

كثافة المادة هي كتلة المادة المعطاة في واحدة الحجم. وتتعلق الكثافة بعدد الذرات الموجودة في المادة وتوضع الذرات والجزيئات بجانب بعضها البعض، لذا تملك أغلب المعادن أرقام ذرية عالية وتصطف الذرات بشكل كثيف إلى بعضها في الحالة الصلبة للمعدن. تقاس الكثافة بالغرام / سنتمتر مكعب.

٢- اللزوجة: viscosity

إن لزوجة المادة هي قابلية المادة للتدفق إذ تسيل وتتدفق السوائل اللزجة أو الكثيفة بصعوبة بينما تتدفق السوائل الرقيقة بسهولة مثل الماء لأن قوة ارتباط جزيئات الماء مع بعضها ضعيفة جداً ومن السهولة التغلب عليها. تملك بعض السوائل قوة جذب للجزيئات أكبر بكثير ويوجد هذا غالباً مع الجزيئات الكبيرة مثل عديدات التماثر.

٣- الانحلالية: solubility

تميل أغلب المواد السنية إلى الانحلال في الماء ولكن بنسب مختلفة، ويتم حساب الانحلالية لمادة بكمية المادة التي ذابت في مقدار محدد من السائل خلال زمن معين حيث يتم وزن العينة قبل وبعد غمرها بالماء ويشكل الفرق بين المقدارين وزن المادة المنحلة.

يعد الخزف أقل المواد السنية انحلالاً بينما تتحرر الشوارد المعدنية ببطء من الترميمات والتعويضات المصبوبة والأملغم كما تتحرر الجزيئات المتبقية من قواعد الأجهزة الراتنجية غير مكتملة التصلب.

٤- الامتصاص: absorption

الامتصاص هو أخذ السوائل أو العناصر من قبل المواد، ويقاس الامتصاص أيضاً مثل الانحلالية وذلك بوزن العينة قبل وبعد الغمر بالماء وتشكل الزيادة في وزن العينة كمية الماء الممتصة.

تشاهد هذه العملية عادة في عديدات التماثر وهي ممكنة الحدوث عند ارتباط مادتين وهذا ما يحدث عند سطح تماس البورسلين والمعدن في التعويضات الخزفية المعدنية وهنا يسبب تلون البورسلين، بينما يسبب الامتصاص لعديدات التماثر انتباج أو زيادة في أبعادها.

الخواص الحرارية والكهربائية: Thermal and electrical properties

١- الحرارة النوعية:

وهي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة واحدة الحجوم من المادة درجة مئوية واحدة.

٢- حرارة الانصهار:

وهي كمية الحرارة اللازمة لحركة الذرات لتصبح قادرة على التغلب على قوة الارتباط في الهياكل الشبكية. لهذا تتعلق كمية الحرارة بنوع المعدن أي بمقدار قوى الارتباط الموجودة بين ذراته.

٣- الناقلية الحرارية:

وهي قياس سرعة عبور الحرارة عبر سماكة محددة من المادة أي قياس مقدار تدفق الحرارة مع الزمن خلال مادة ما. تدعى المادة التي تنقل الحرارة عبرها **بالناقل الحراري** والمادة التي تقاوم انتقال الحرارة **بالعازل الحراري**.

تملك المعادن معدل نقل حراري أعلى من عديدات التماثر والخزف. يعد العاج السني عازل حراري أو ضعيف النقل الحراري لذلك لا يتحسس المريض للحرارة أو البرودة خلال الترميم المعدني عندما تكون ثخانة العاج الموجودة تحت الترميم كافية حيث يقوم العاج بامتصاص الحرارة عوضاً عن نقلها للب السن.

٤- معامل التمدد الحراري:

وهو مقدار التبدل الذي يحدث في حجم المادة بسبب التبدلات في درجة الحرارة، إذ تتقلص معظم المواد عندما تتعرض للبرودة وتتمدد عند تسخينها.

يتقلص عديد التماثر بولي ميثيل ميثاكريلات ويتمدد **أكبر بسبع مرات** من النسج السنية أما الكمبوزيت المستخدم حالياً يملك معامل تمدد حراري قريب جداً من النسج السنية.

عندما يكون الفارق كبير بين معامل التمدد الحراري للمادة المرممة والأسنان يتقلص الترميم بنسبة أكبر من النسج السنية مما يشكل شق بين الترميم والسن وعندما يسخن السن يتمدد ويغلق الشق وتسبب هذه الظاهرة حساسية ونكس نخر في النسج السنية.

٥- الناقلية الكهربائية:

يتكون التيار الكهربائي في المعدن من سريان الإلكترونات بينما يتكون في المحلول الكهرليتي من سريان الشوارد.

من الممكن أن تنشأ تيارات كهربائية في الحفرة الفموية بطرق مختلفة أكثرها حدوثاً هو نتيجة تماس معادن غير متماثلة في التركيب حيث يسهل اللعاب تدفق الإلكترونات من معدن لآخر مسبباً نشوء تيار كهربائي.

٦- الكمود والتآكل بالتأكسد: tarnish and corrosion

يمكن أن تخضع سطوح وبنية المعادن إلى الاهتراء عندما لا يتم وقايتها وتركها عرضة للوسط الفموي، يدعى **اهتراء المعدن نتيجة تفاعل كيميائي أو كهر كيميائي** بالتآكل بالتأكسد.

وهناك نمط آخر من الاهتراء والذي يصيب فقط السطح ويسبب تبدل في لون المعدن يدعى بالكمود أو فقدان البريق واللمعان، لا يسبب الكمود اهتراء في المادة ولكنه يسيء إلى المظهر التجميلي للترميمات ويمكن إزالته بسهولة بإعادة صقل وتلميع السطح.

تتأكسد أغلب المعادن السنية في الحفرة الفموية باستثناء المعادن النبيلة.

الخواص الحيوية: biologic properties

التقبل الحيوي: عندما توضع مادة بتماس نسج أو سوائل الجسم البشري تحدث أشكال متباينة من التفاعلات وهو ما يدعى بالتقبل الحيوي. يقال أن المادة متقبلة حيوياً عندما تملك خاصية عدم أذية الوسط الحيوي.

تشمل التفاعلات المحتملة بين المواد السنية والوسط الحيوي ما يلي:

- حساسية تالية للمعالجة
- سمية
- تآكل بالتأكسد
- فرط تحسس

المتطلبات الحيوية للمواد السنية:

١- أن تكون غير سامة للنسج الحية

٢- أن تكون غير مسرطنة

٣- لا تخرش النسج ولا تسبب تفاعلات تحسسية

أمثلة عن مخاطر التركيب الكيميائي لبعض المواد السنية:

- تسبب بعض الإسمنتات السنية الحامضية تخريشاً للب السني.
- تحوي بعض المواد المرممة وقواعد الأجهزة المتحركة على المونومير غير المتفاعل الذي يخرش النسج الحية.
- أبخرة الزئبق الداخل في تركيب الأملغم تكون سامة
- استنشاق غبار بعض أنواع الألجينات التي تحوي على الرصاص
- النيكل الموجود في بعض الخلائط المعدنية يسبب حساسية لبعض الناس.
- استنشاق غبار البريليوم أثناء صقل وتلميع التعويضات قد يحدث أورام وسرطانات رئوية.
- بعض مساحيق البورسلين تحوي على اليورانيوم الضار بالصحة العامة.
- يسبب الأوجينول في إسمنت أوكسيد الزنك والأوجينول تخريشاً وحروقاً للنسج الرخوة لبعض المرضى.
- قد تحوي بعض مواد الضماد اللثوي على ألياف الإميانت والتي يسبب استنشاق غبارها أورام وسرطانات رئوية.

عوامل تركز الإجهادات:

تصمم التعويضات الثابتة لمقاومة التشوه اللدن والانكسار لكن يمكن أن يحدث انكسار مفاجئ للتعويض حتى ولو كان مصنوعاً من مادة عالية الجودة وذلك بسبب تركز الإجهادات.

أما عوامل تركز الإجهادات فهي:

١. العيوب السطحية مثل الشقوق- الخشونة

٢. العيوب الداخلية مثل الفجوات أو الاندخالات الأجنبية

٣. الزوايا الداخلية الحادة في التحضيرات السنية لترميمات الأملغم أو الكمبوزيت

٤. الاختلاف الواسع في معامل المرونة أو عامل التمدد الحراري في السطوح البينية المُلصقة

٥. نقاط تماس مبكرة

وإن أكثر المناطق عرضةً لتركز الإجهادات في التعويضات الثابتة والتي تعتبر مناطق ضعف في التعويض هي مناطق تطبيق الحمولة ومناطق الوصلات بين الدمى والمثبتات والمناطق العنقية من الأسنان الداعمة.

طاقة السطح والإلصاق والارتباط: Surface energy, Adhesion and Bonding

إن الطاقة الموجودة على سطح الجسم الصلب هي أكبر من تلك الموجودة داخله لأن جميع الذرات داخل الشبكة الفراغية space lattice للجسم الصلب تتجاذب مع بعضها بشكلٍ متساوٍ وبالتالي فإن المسافة بين الذرات متساوية بينما الطاقة تكون أصغرية.

أما على سطح الشبكة الفراغية تكون الطاقة أكبر لأن الذرات السطحية لا تتجاذب بشكل متساوٍ بجميع الاتجاهات وذلك لأن عدد الذرات المحيطة غير متساوٍ.

تميل الذرات السطحية لجسم صلب لأن ترتبط مع ذرات ملاصقة لها لجسم آخر منقصة بذلك من طاقة السطح للجسم الصلب هذا الترابط أو التجاذب attraction بين سطوح الجزيئات غير المتشابهة يدعى بالالتصاق **adhesion**.

بينما عندما تتجاذب جزيئات نفس المادة تدعى هذه القوى بقوى التماسك **cohesion** أما المادة التي تسبب الالتصاق فتدعى بالمادة اللاصقة adhesive والمادة التي يطبق عليها الالتصاق تدعى بالمادة المُلصَقة adhered ، إذاً الالتصاق هو حدوث ارتباط وتجاذب بين جزيئات المادة اللاصقة والمادة المُلصَقة.

الارتباط الميكانيكي:mechanical bonding

يمكن أن يتحقق ارتباط قوي بين مادة وأخرى بواسطة الارتباط الميكانيكي أو التثبيت retention بشكل أكبر من تجاذب الجزيئات وهذا يمكن مشاهدته عند استخدام الأوتاد أو الغؤورات.

أيضاً يمكن أن يشمل الارتباط الميكانيكي آلية أكثر دقة مثل اندخال المادة اللاصقة بالشذوذات المجهرية على سطح المادة الأخرى (المحدثة بالتخريش أو الترميل أو ما شابه) وبالتالي فإن انسيابية المادة اللاصقة هامة لهذا الإجراء لأنها يمكن أن تندخل بسهولة بتشوهات وشذوذات السطح.

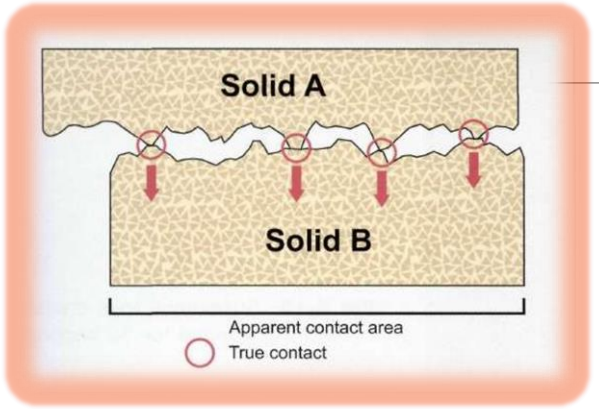
والمثال الأكثر نموذجية على هذا الارتباط الميكانيكي المجهري micro-mechanical bonding هو المواد الترميمية اللدنة مثل الراتنجيات لأن هذه الراتنجيات لاتملك القدرة على الالتصاق بدقة مع بنية السن وهذا ما يفسر التسرب الحفافي حول الترميمات - التصبغات الحفافية - النخور الثانوية - تحريض اللب السني.

وبالتالي تستخدم تقنية التخريش الحمضي مع الترميمات الراتنجية لأن الحمض ينتج مسامات pores وشذوذات irregularities في سطح الميناء وبالتالي عند تطبيق الراتنج ينساب ضمن هذه الشذوذات محدثاً ارتباطاً ميكانيكياً دقيقاً.

إذاً يتحقق الارتباط بين المواد السنية وبنية السن بآلية ميكانيكية أكثر من كونه ارتباطاً بين الجزيئات.

الترطيب:wetting

من الصعوبة جعل سطحين صلبين يتلاصقان لأنه فقط النتوءات والحواف الحادة تكون بحالة تماس حيث لا تشكل هذه المناطق سوى نسبة مئوية صغيرة من السطح الكلي وبالتالي لا يحدث التصاق قوي.



لذلك فالتجاذب يكون ضعيفاً أو مهملاً عندما تكون المسافة بين الجزيئات المتجاورة أكثر من ٠.٧ نانومتر.

وإحدى الطرق للتغلب على هذه المشكلة هي باستخدام سائل ينساب داخل الشذوذات السطحية محدثاً بذلك تماساً مع الجزء الأعظمي من سطح الجسم الصلب وبالتالي يلتصق به وتدعى هذه الميزة بالترطيب.

عندما لا يقوم السائل بترطيب كامل سطح المادة الملصقة فإن الالتصاق بين السائل والمادة الملصقة سيكون ضعيفاً بينما عندما يحدث ترطيب فعلي لكامل السطح فلن يحدث فشل الالتصاق.

وفي الواقع يحدث الفشل في هذه الحالة نتيجة فشل تماسكي cohesively في بنية الجسم الصلب أو في المادة اللاصقة بحد ذاتها وليس بين السطحين المتماسين.

وبشكل عام تمتلك السوائل العضوية ومعظم السوائل غير العضوية طاقة سطح منخفضة تسمح لها بالانتشار بحرية على السطوح الصلبة مشكلة ارتباطاً قوياً فيما بينها.