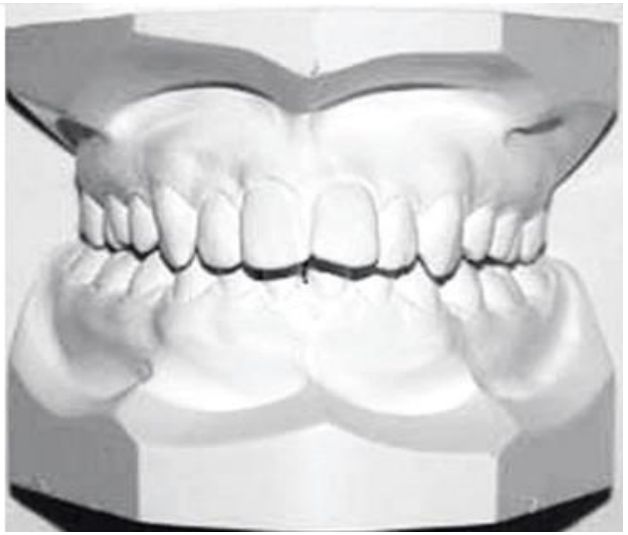
مواد الأمثلة
MODEL,
CAST AND DIE MATERIALS

- **يتم صب الطبعات للحصول على:**

١- أمثلة الدراسة: MODELS وهي الأمثلة التي تستخدم للمراقبة والتشخيص وتثقيف المريض بالإضافة إلى أمثلة الدراسة التقويمية.



٢- مثال العمل (المثال الرئيسي):working model or master cast

- وهو نسخة مطابقة للأسنان المحضرة والحواف السنخية وأجزاء أخرى من القوس السنية. وهو المثال الذي يتم تصنيع الترميم أو التعويض عليه. يجب الانتباه لعدم خدشه أو تخريب سطحه.

٣- المثال الإفرادي أو التوأم: The die

- وهو نسخة إيجابية للأسنان المحضرة، مصنوعة من مادة ذات صلابة مناسبة ودقة كافية (الراتنج –الجبس – المعدن).

إن دقة المثال الرئيسي والمثال الإفرادي هي مهمة الطبعة الدقيقة لذا فالمثال لن يقدم تفاصيل أكثر من تلك الموجودة ضمن الطبعة.

جميع النماذج الشمعية للمثبتات خارج التاجية يتم صنعها بالطريقة غير المباشرة (على مثال العمل) وذلك لأن إجراء التشميع داخل الفم غير ملائم وصعب. وبالتالي تتأثر دقة النماذج الشمعية بشكل أساسي بدقة مثال العمل الذي يتم إجراء التشميع عليه.

المتطلبات الأساسية للحصول على مثال عمل جيد:

١.يجب أن يتم نسخ جميع الأسنان المحضرة وغير المحضرة بدون أي فقاعات.

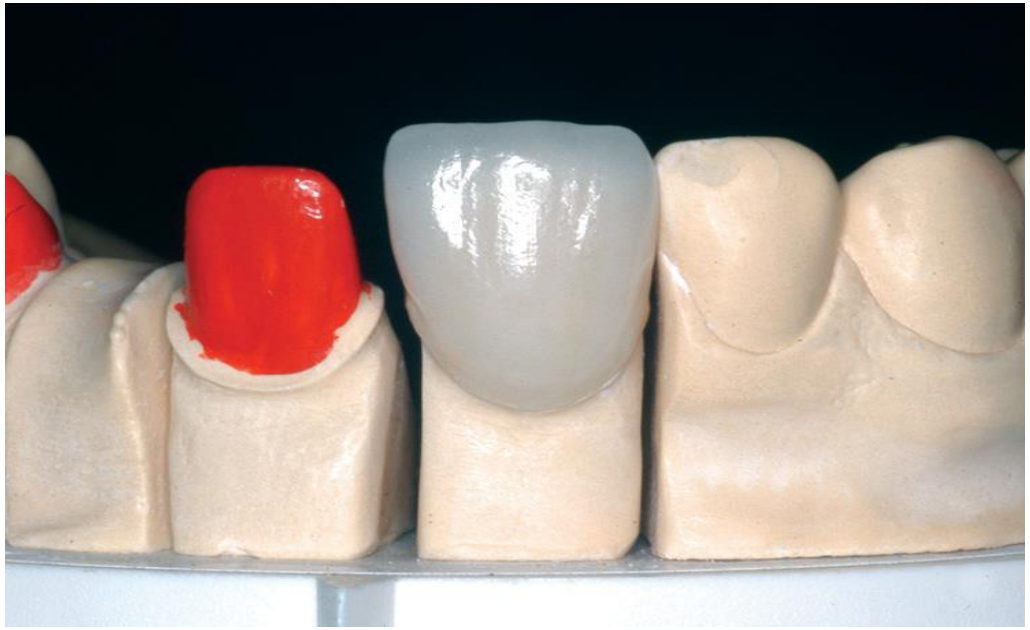
٢.الحصول على مثال جبسي غير مشوه.

٣.نسخ النسج الرخوة بما فيها المناطق الدرداء والحواف اللثوية المرتبطة بالتعويض الثابت.

٤. تسجيل العلاقة بين الأسنان العلوية والسفلية من أجل التركيب على المطبق.

المتطلبات الأساسية للحصول على مثال إفرادي جيد:

- ١. يجب أن يكون نسخة مطابقة للسن المحضرة.
- ٢. خالٍ من الفقاعات.
- ٣. يجب أن يتم تمييز النسج السنية غير المحضرة والمتوضعة عنقياً بمسافة لا تقل عن ٠,٥ مم.
- ٤. سهولة الوصول للحواف.



- **أنماط مواد الأمثلة: TYPES OF DIE MATERIALS**

١- الجبس: يستخدم الجبس الحجري من النمط الرابع والخامس.

٢- المعادن: يستخدم الطلي بالترسيب الكهربائي للمعادن وإرذاذ المعادن أما الأملغم فهو نادر الاستخدام.

٣- عديدات التماثر: تستخدم راتنجيات بمواد مالئة معدنية أو غير عضوية، بالإضافة إلى راتنج ايبوكسي Epoxy.

٤- الإسمنتات: إسمنت برابطة حمض بولي أكريليك أو سيليكو فوسفات.

٥- المواد المقاومة للحرارة: Refractory materials

وتشمل المساحيق الكاسية investments أو مزيج المسحوق الكاسي مع الجبس الحجري divestments. تستخدم أمثلة المساحيق الكاسية لتصنيع النماذج الشمعية لهياكل الأجهزة المتحركة، بينما تستخدم divestments عند الخبز المباشر للتيجان الخزفية على المثال.

المتطلبات المثالية لمواد الأمثلة الإفرادية:

- ١.يجب أن تتمتع بخواص المتانة والصلابة لكي لا تتعرض للكسر أثناء العمل بها.
- ٢.يجب أن تكون ذات سطح قاسي لتقاوم الحت أثناء تشميع المثال.
- ٣.يجب أن تصنع من مادة متوافقة مع المادة الطابعة وأن تعكس أدق التفاصيل في الطبعة.
- ٤.تتميز بتباين لوني يسمح بسهولة تمييزها عن الشمع والخزف والمعادن.
- ٥.أن تكون متوافقة مع وسائل العزل.
- ٦.سهولة التشميع والتصنيع عليها.
- ٧.تتمتع بثبات الأبعاد والاستقرار.
- ٨- اقتصادية ورخيصة الثمن.

سلبيات بعض مواد الأمثلة:

- ١- **عديدات التماثر:** تتقلص عند تصلبها لذلك تميل لتشكل مثالاً أصغر من السن المحضرة.
- ٢- **الإسمنتات:** تتقلص كل أنواع الإسمنتات وهي مواد قصفة لذا يميل المثال المصنوع منها للكسر نتيجة جفافها وخسارتها للماء مع مرور الوقت.
- ٣- **إرذاذ المعادن:** تميل خليطة قصدير – بيزموت لتصبح طرية، لذا يجب الحذر لمنع سحل المثال.

- الجبس الحجري المحسن أو جبس التوأم: IMPROVED DENTAL STONE OR DIE STONE

لاتزال مواد الأمثلة الأكثر شيوعاً واستخداماً هي كبريتات الكالسيوم نصف المائية ألفا النمط IV والنمط V. يؤمن الجبس النمط IV مثالاً مقاوماً وقاسياً وذو تمدد تصلبي بالحد الأدنى. يملك الجبس النمط V بالإضافة إلى مقاومة الضغط الأعلى من الجبس النمط IV قساوة عالية وتمدداً عالياً، حيث يزداد التمدد التصلبي من 0.01 إلى 0.3 % وهذه الزيادة في تمدد المثال الجبسي ضرورية لتعاوض التقلص التصلبي لخلائط المعادن القاعدية.

- **إيجابيات مواد الجبس الحجري المحسن:**

١- مقاومة جيدة

٢- تقلص محدود

٣- سهلة الاستعمال وسهلة التشذيب

٤- زمن عمل جيد وتصلب سريع

٥- متوافقة مع مواد الطبع جميعها

٦- سطوح ناعمة وقاسية

٧- تباين لوني جيد

٨- اقتصادية

السلبيات:

١- مواد قصفة

٢- مقاومتها للسحل أقل من راتنج الإيبوكسي ومن الأمثلة المعدنية المصنوعة بطريقة الترسيب الكهربائي.

- أمثلة الترسيب الكهربائي: ELECTROPLATED CASTS AND DIES

ترسيب معدن النحاس أو الفضة في الطبعة يعطي أمثلة بسطوح معدنية صلبة وقاسية. لكن هذه الطريقة لم تعد تستخدم حالياً.

إيجابيات أمثلة الترسيب الكهربائي:

١- دقة الأبعاد

٢- قساوة ومقاومة للسحل

٣- سطوح ملساء وناعمة

٤- وضوح جيد في المناطق الحفافية

٥- لا تمتص الزيت أو الماء

السلبيات:

١- صعوبة تشذيب المثال

٢- يشكل حمام الفضة خطورة على الصحة العامة

٣- لا تتوافق مع بعض مواد الطبع مثل الألجينات والآغار

٤- التباين اللوني أقل مما هو عليه في الجبس الحجري

٥- تكييف الشمع على المعدن ليس بنفس جودته على الجبس، إذ تميل حواف النموذج الشمعي للابتعاد عن المثال المعدني.

- **الترسيب الكهربائي: electroplating**

وهو العملية التي يتم بها طلي جدران الطبعة بطبقة رقيقة من المعدن، وبعد ذلك يتم صب الجزء المتبقي من الطبعة بالجبس وبذلك يملك المثال سطوحاً خارجية معدنية.

المعادن المستخدمة في الترسيب الكهربائي هي النحاس والفضة، ويمكن أن يتم الطلي لكامل الطبعة أو فقط في منطقة الأسنان المحضرة.

الطبعات التي تتوافق مع هذه الطريقة هي: طبعة مركب الطبع (تطلى غالباً بالنحاس) وطبعة متعدد الكبريت (تطلى غالباً بالفضة) وطبعات السيليكون. أما مواد الطبع الأخرى فتبدي تبدلاً في أبعادها عند طليها بالمعادن.

- **العناصر المكونة لجهاز الترسيب الكهربائي:**

١- القطب السالب: Cathode وهو الطبعة التي يراد طليها

٢- القطب الموجب: Anode وهو يشكل المعدن المراد ترسيبه مثل الفضة والنحاس.

٣- حامل القطب السالب وحامل القطب الموجب.

٤- المحلول الكهرليتي: Electrolyte وهو السائل الذي يسمح بمرور التيار الكهربائي عبره وبالتالي تتحرك الشوارد من القطب الموجب إلى القطب السالب لتترسب عليه و قد يكون السائل الكهرليتي سيانيد الفضة أو كبريتات النحاس.

الإجراءات:

- تغسل الطبعة ثم تجفف.
- أغلب مواد الطبع لا تنقل الكهرباء لذلك يطبق محلول أو مسحوق معدني على الطبعة لتصبح ناقلة للكهرباء وهذه المواد قد تكون: **مسحوق برونزي معلق في زيت اللوز أو معلق مائي لمسحوق الفضة أو مسحوق الغرافيت**.
- يغطى سطح الطابع بالشمع بثخانة ٢ مم لمنع ترسب المعدن عليه.
- تعبئة الطبعة بالمحلول الكهرليتي بواسطة القطارة مع الانتباه لعدم تشكل الفقاعات الهوائية.
- وصل الطبعة إلى القطب السالب بالحامل الخاص.
- وصل الكهرباء بالقطب السالب ثم غمر الطبعة في المحلول الكهرليتي.

- يحتاج طلي الطبعة بالمعدن بسماكة 0.5 مم إلى زمن يتراوح من ١٢- ١٥ ساعة.
- تفصل الكهرباء وتخرج الطبعة من جهاز الترسيب الكهربائي وتغسل بالماء ثم يتم صبها بالجبس الحجري أو بالراتنج لكي يتم دعم سطوح المثال المعدنية وتشكيل القاعدة.

- مواد الأمثلة من راتنج الإيبوكسي: EPOXY RESIN DIE MATERIALS

إن أكثر استخدام لراتنج الإيبوكسي هو لصب طبعات المواد المطاطية.

يطرح تجارياً على شكل معجون الراتنج مع مسرع.

الإيجابيات: راتنج الإيبوكسي أكثر متانة ومقاومة للسحل من الجبس الحجري.

السلبيات: - تقلص تصلبي بسيط بمقدار 0.1 %

- مادة لزجة لا تسيل بشكلٍ كافٍ ولا تستطيع الاندخال الجيد بأدق تفاصيل الطبعة.
- زمن تصلب طويل نسبياً قد يفوق ٢٤ ساعة.

- المثال المقاوم: REFRACTORY CAST

وهو عبارة عن مثال خاص يصنع من مواد مقاومة للحرارة (كاسي). ومنها المثال الذي يستخدم لصب قواعد الأجهزة المصبوبة المتحركة، إذ يتم تصميم النماذج الشمعية وصبها على المثال المقاوم لأن نزع هذه النماذج الشمعية الكبيرة عن المثال من أجل الكسو والصب يسبب تشوهاً واضحاً فيها لذلك تكسى النماذج الشمعية والمثال المقاوم معاً.

أما النماذج الشمعية للقطع الصغيرة مثل الحشوات المصبوبة أو التيجان والجسور يمكن رفعها عن المثال الجبسي وكسوها دون أن تتعرض للتشوه.

ما الفرق بين مثال مركب الجبس الحجري والكاسي ومثال الكاسي المقاوم للحرارة:

يتفوق مثال مركب الجبس الحجري والكاسي divestment بالقساوة ومقاومة السحل على مثال المسحوق الكاسي investment رغم أن كلاً منهما قصف ويسهل كسره.

يستعمل divestment للصبات الصغيرة بينما يستعمل investment للصبات الكبيرة.

منتجات الجبس: GYPSUM PRODUCTS

تستخدم منتجات الجبس بشكل واسع في طب الأسنان وتشمل تطبيقاته:

١- استخدم سابقاً كمادة طبع للوجه والأفواه الدرداء.

٢- يستخدم لصنع أمثلة مخبرية ينجز فني الأسنان عليها التعويضات الثابتة والمتحركة.

٣- تثبيت الأمثلة على المطبق.

٤- تسجيل العضة (تسجيل العلاقة المركزية).

٥- يدخل في تركيب المسحوق الكاسي حيث يتم مزج الجبس بالسيليكا الغروية لتشكيل مسحوق كاسي برابطة جبسية.

الشكل التجاري: يأتي على شكل مساحيق بألوان مختلفة ضمن عبوات صغيرة أو كبيرة.

- **التصنيف:** صنفت منتجات الجبس حسب منظمة المقاييس الدولية (ISO) عام ١٩٨٣م إلى خمسة أنماط:

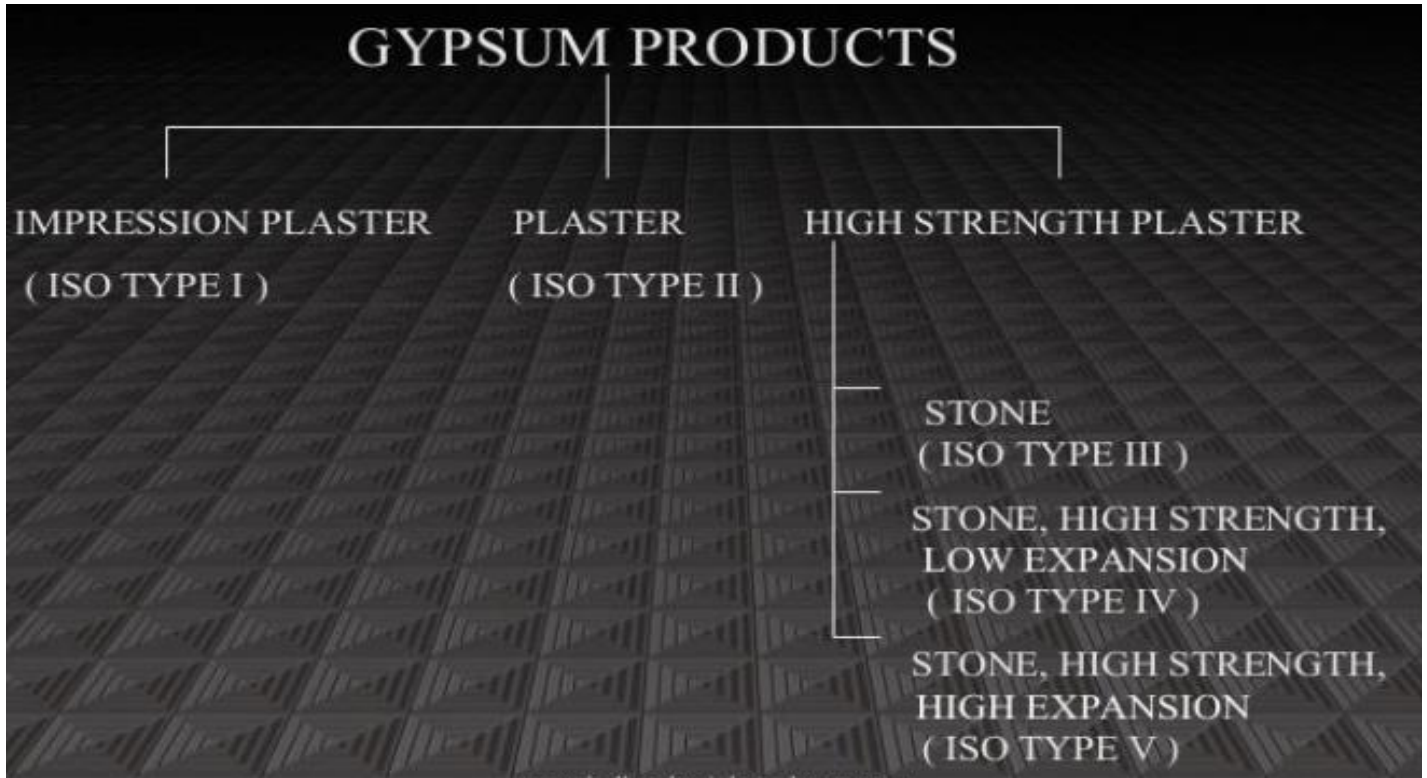
١- **النمط الأول:** جبس الطبعات impression plaster

٢- **النمط الثاني:** جبس الأمثلة model plaster

٣- **النمط الثالث:** الجبس الحجري السني dental stone أو الجبس الحجري متوسط المقاومة.

٤- **النمط الرابع:** الجبس الحجري عالي المقاومة ومنخفض التمدد التصلبي high strength stone

٥- **النمط الخامس:** الجبس الحجري عالي المقاومة وعالي التمدد high strength & high expansion stone.



• تصنيع منتجات الجبس السنية:

نحصل على منتجات الجبس المختلفة من حجر الجص المتوفر في مناجم مختلفة من العالم وقد استخدم حجر الجص طوال قرون عديدة لأغراض البناء.

- تدعى عملية تسخين حجر الجص لتصنيع الجبس بالتكليس **calcination** ويفقد الجص (كبريتات الكالسيوم ثنائية الماء) عند تسخينه جزءاً من مائه أثناء التكليس ويتحول إلى كبريتات الكالسيوم نصف المائية.
- يؤدي الاستمرار في التسخين إلى خسارة الجبس للماء المتبقي وتتشكل بلورات سداسية الشكل من كبريتات الكالسيوم اللامائية (قابلة للانحلال بالماء) وفيما بعد تتشكل البلورات اللامائية ذات الشكل المعين السداسي (غير قابلة للانحلال بالماء).

$$CaSO_4.2H_2O \longrightarrow CaSO_4.\tfrac{1}{2}H_2O \longrightarrow CaSO_4$$

- تتباين **شروط التكليس ومقدار الحرارة** التي يتعرض لها حجر الجص ويسبب هذا اختلافات واضحة في شكل وحجم بلورات كبريتات الكالسيوم نصف المائية.
- يتم تكليس حجر الجص بالتكليس الجاف أي بمرور تيار من الهواء الجاف في أفران مفتوحة أو بالتكليس الرطب بوجود تيار من بخار الماء أثناء تسخين حجر الجص (الكلس).

نصف المائية ألفا وبيتا: Alpha and Beta Hemihydrate

يوجد شكلان لبلورات كبريتات الكالسيوم نصف المائية ويتعلق ذلك بطريقة التكليس:

١- نصف المائية بيتا (الجبس العادي plaster)

٢- نصف المائية ألفا (الجبس الحجري stone)

ملاحظة: تملك بلورات ألفا وبيتا نصف المائية نفس التركيب الكيميائي (كبريتات الكالسيوم نصف المائية) ولكنها تختلف في شكلها وحجمها.

تملك بلورات بيتا شكل إسفنجي وغير منتظم في حين تكون بلورات ألفا أكثر كثافة ومنتظمة وذات شكل موشوري.

تصنيع الجبس السني العادي: Manufacture of Dental Plaster

- يوضع حجر الجص في أفران مفتوحة ويسخن لدرجة حرارة ١١٠- ١٣٠ درجة مئوية وتسمى هذه العملية بالتكليس الجاف لتتشكل بلورات من نمط بيتا، حيث لا توجد فرصة كافية لإعادة تنظيم شكل بلورات كبريتات الكالسيوم نتيجة الخروج السريع للماء منها وتكون البلورات الناتجة صغيرة الحجم قليلة الكثافة وغير منتظمة ومسامية. لذلك **يتطلب مزيج الجبس المستخدم لصب الطبعات ماء مزج أكثر من الذي يحتاجه الجبس الحجري**.

$$CaSO_4.2H_2O \xrightarrow[110°-130°C]{} CaSO_4.1/2H_2O$$

(β hemihydrate)

تصنيع الجبس الحجري السني: Manufacture of Dental Stone

نحصل على الجبس الحجري من خلال التكليس الرطب لحجر الجص الذي يطحن ويوضع في أفران محكمة الإغلاق (صاد موصد) مع مرور تيار من بخار الماء عالي الحرارة (١٢٠- ١٣٠) وبضغط مرتفع لمدة ٥- ٧ ساعات.

يتم بعد ذلك تجفيف المنتج بدرجة حرارة الغليان أو أكثر ثم تنعيمه للحصول على مسحوق نصف المائية ألفا.

تكون بلورات ألفا موشورية الشكل كثيفة ومنتظمة وذات مسام أقل من الجبس السابق، وذات صلابة وقساوة أعلى لذلك **تحتاج هذه البلورات الأكثر انتظاماً والأكبر حجماً ماء مزج أقل من أجل ترطيبها** والحصول على مزيج بسيولة مناسبة لصب الطبعات.

تصنيع الجبس الحجري المحسن: Manufacture of High Strength (α modified) Stone

نحصل عليه بالتكليس الرطب لحجر الجص وبوجود مواد معدلة للخواص البلورية للمساعدة في تشكيل بلورات أكبر وأكثر كثافة مما هو عليه بطريقة الصاد الموصد. بعد تشكل نصف المائية ألفا بطريقة التكليس الرطب السابقة تقوم بعض الشركات المنتجة للجبس بغليه بمحلول **كلور الكالسيوم بتركيز 30 %** ، بينما تقوم شركات أخرى بإدخال كمية قليلة من **الصوديوم** خلال عملية التكليس الرطب بهدف الحصول على بلورات مكعبة الشكل أكثر كثافة وانتظاماً وأقل مسامية وبالتالي الحصول على خواص أفضل من الجبس الحجري السابق. **تحتاج هذه البلورات الأكثر انتظاماً والأكبر حجماً إلى أقل كمية من ماء المزج.**

التفاعل التصلبي: SETTING REACTION

تسعى كبريتات الكالسيوم نصف المائية عند مزجها بالماء لاستعادة بلورات الماء التي فقدتها عند تكليسها متحولة بذلك إلى ثنائية الماء.

ويكون هذا التفاعل ناشراً للحرارة لأن كبريتات الكالسيوم نصف المائية تحرر كمية الحرارة نفسها التي احتاجتها عند انفصال بلورات الماء عنها ويدعى هذا التفاعل بالإماهة.

معدل ماء/ مسحوق: Water/Powder Ratio

وهو كمية الماء بالميليلترات المضافة إلى ١٠٠ غرام مسحوق. وتعبر نسبة ماء المزج عن الماء اللازم لترطيب حبيبات المسحوق وتشكيل مزيج بلزوجة مناسبة قابل للاندخال في أدق التفاصيل للطبعة.

- تحتاج الأنواع الثلاثة الجبسية كميات مختلفة من ماء المزج ويتعلق هذا بحجم بلوراتها المتباينة وانتظامها وكثافتها.
- يحتاج كل ١٠٠ غرام من الجبس العادي (البلاستر) إلى حوالي ٥٠ مل ماء، ويحتاج الجبس الحجري إلى ٣٠ مل ماء والجبس الحجري المحسن ٢٤ مل ماء.

• الخواص : PROPERTIES

أهم خواص المنتجات الجبسية:

زمن التصلب والتمدد التصلبي والقساوة والمقاومة ونسخ التفاصيل.

١- زمن التصلب:

ويقسم إلى زمن التصلب الأولي Initial setting time وزمن التصلب النهائي Final setting time.

- **زمن التصلب الأولي:** وهو الفترة الممتدة بين زمن بدء مزج المسحوق بالماء والزمن الذي لا يمكن بعده صب المزيج في الطبعة، لذلك يمثل زمن التصلب الأولي زمن العمل للمادة.
- ويمكن التعرف عملياً على انقضاء زمن التصلب الأولي بفقدان المزيج لمعانه وذلك بسبب انحلال بلورات نصف المائية مع ماء السطح واستهلاكه كاملاً وبقاء الماء في كتلة المزيج.
- لا يجوز استخدام المزيج الجبسي بعد انقضاء زمن التصلب الأولي لصب الطبعات لأن المادة الجبسية تكون قد فقدت سيولتها وبالتالي لا يملك المزيج القدرة على الاندخال في تفاصيل الطبعة وإعطاء مثال جبسي دقيق.
- يتراوح زمن التصلب الأولي بين ٨- ١٦ دقيقة منذ البدء بالمزج.

- **زمن التصلب النهائي:** وهو الزمن الذي يتم عنده تحول كامل نصف المائية إلى ثنائية الماء، وهذا يعني عملياً أنه بعد انقضاء هذا الزمن يمكن رفع المثال الجبسي عن الطبعة دون أن يتعرض للتشوه أو الكسر.

- ويتراوح زمن التصلب النهائي لبعض المنتجات الجبسية التقليدية بين ٤٥- ٦٠ دقيقة، وقد تصل بعض المنتجات إلى تصلبها النهائي بزمن قليل يبلغ حوالي ٢٠ دقيقة.

العوامل المؤثرة على زمن التصلب:

١- عملية التصنيع:

- إذا لم يكتمل التكليس وبقيت جسيمات من الجص في المنتج الجبسي النهائي، ينقص زمن التصلب بسبب ازدياد نوى التبلور الكامنة.
- في حال وجود كمية زائدة من جسيمات الجص اللامائية القابلة للانحلال في المنتج النهائي، يسرع ذلك من تصلب الجبس.
- النعومة: كلما كان حجم حبيبات نصف المائية أكثر نعومة تزداد سرعة تصلب المزيج لأن نصف المائية تنحل أسرع وتتشكل بلورات ثنائية الماء بشكل أسرع وبالتالي يزداد معدل التبلور.

٢- شدة وزمن المزج:

كلما زادت مدة المزج وسرعته نقص زمن التصلب، فعند تماس المسحوق مع الماء وبدء المزج سرعان ما تتشكل نوى من بلورات ثنائية الماء ومع استمرار المزج تتفكك هذه البلورات بواسطة ملوقة المزج وتتوزع في جميع جوانب المزيج مشكلة المزيد من نوى التبلور.

٣- معدل مسحوق/ ماء:

يزداد زمن التصلب عند استعمال كمية أكبر من الماء للمزج لأن عدد نوى التبلور من ثنائية الماء المتشكلة يكون أقل في واحدة الحجم وبالتالي تحتاج بلورات ثنائية الماء إلى وقت أطول لكي تتشابك.

ولكن يتصلب المزيج الغني بالمسحوق بشكل أسرع بسبب زيادة عدد نوى التبلور في واحدة الحجم.

٤- الحرارة:

تؤثر درجة حرارة ماء المزج والوسط المحيط، حيث ينقص زمن التصلب عند انتقال الجبس من حرارة الغرفة إلى حرارة الجسم ويتسارع التفاعل التصلبي. يسرع استعمال الماء الساخن بحرارة لا تتجاوز **٣٧,٥ درجة مئوية** من تشكل نوى التبلور وزيادة عددها وبالتالي ينقص زمن التصلب.

بينما يزداد زمن التصلب عند استخدام ماء بحرارة تتجاوز ٣٧,٥ درجة مئوية لأن ثنائية الماء تصبح أكثر انحلالاً في الماء مما ينقص من سرعة ترسب بلورات ثنائية الماء وتحتاج إلى زمن أطول ليتم التشابك بين بلوراتها المسؤول عن تصلب المزيج.

لا تتصلب نصف المائية نهائياً عند مزجها بماء حرارته ١٠٠ لأنه يصبح انحلال نصف المائية وثنائية الماء متساوياً في درجة الغليان الأمر الذي يسبب عدم حدوث تفاعل ويبقى مزيج الجبس دون تصلب.

٥- الرطوبة:

تمتص المواد الجبسية بخار الماء من الهواء وتدعى بالمواد المسترطبة، لذا عند ترك عبوات الجبس مفتوحة لعدة أيام يمتص المسحوق الماء من الهواء وتتحول حبيبات السطح إلى ثنائية الماء وعند مزج هذا المسحوق بالماء يحدث **زيادة في زمن المزج** بسبب ضعف انحلالية ثنائية الماء المتواجدة على سطح المسحوق.

قد يتبادر للذهن أن وجود بلورات ثنائية الماء في المسحوق تعمل كمسرعات لزيادة عدد نوى التبلور ولكن الذي يحدث عملياً هو عكس ذلك. لذا ينبغي المحافظة على منتجات الجبس في حاويات مغلقة لحمايتها من الرطوبة.

٦- المعدلات (المبطئات والمسرعات): Modifiers (Accelerators and Retarders)

تقوم الشركات المصنعة للجبس بضبط زمن تصلب الجبس بإضافة نسب مدروسة من المسرعات والمبطئات.

المادة الكيميائية المضافة والتي تقلل من زمن التصلب تدعى مسرعة والتي تزيد زمن التصلب تدعى مبطئة.

إن استخدام محلول مائي لكبريتات البوتاسيوم بتركيز ٢% لمزج المسحوق الجبسي ينقص زمن التصلب للجبس العادي (البلاستر) من ١٠ دقائق إلى ٤ دقائق.

أما البوراكس يسبب زيادة في زمن تصلب بعض منتجات الجبس لعدة ساعات في حال إضافته إلى المسحوق بتركيز ٢%.

إن **الجسيمات الغروية** مثل الدم واللعاب وبقايا مسحوق الألجينات غير المتفاعلة تسبب بطء في التفاعل التصلبي للجبس.

ترتبط هذه الغرويات بنصف المائية وتعيق انحلالها بالماء لتشكل ثنائية الماء وتكون النتيجة مثال جبسي بسطوح تتعرض للاهتراء بسهولة وطرية بحيث يسهل خدشها، ولتجنب هذه المشكلة ينبغي غسل الطبعات جيداً بالماء قبل صبها بالجبس.

٢- التمدد التصلبي: SETTING EXPANSION

يوجد نمطان للتمدد التصلبي هما: التمدد التصلبي والتمدد التصلبي الرطوبي.

يترافق انتقال نصف المائية إلى ثنائية الماء بنقص في الحجم يقدر بـ ٧% ويحدث هذا التقلص والمزيج لا يزال بحالة سائلة ويتعدل ذلك بالكميات المضافة من المزيج أثناء عملية صب الطبعة ولا يؤثر التقلص الأولي على أبعاد المثال الجبسي لأن هذا التقلص يحدث في المزيج الراكد بالاتجاه العمودي كما أن ثقل المزيج يجعله متكيفاً مع تفاصيل الطبعة.

- عندما **يبدأ تصلب المزيج** (يلاحظ بفقد لمعانه) يحدث تمدد في الحجم ناتج عن ضغط وتدافع بلورات الجبس النامية المتشكلة أثناء التصلب. يترافق هذا التوضع للبلورات بوجود فراغات مجهرية بينها مسببة زيادة في حجم الكتلة النهائية، يحدث هذا التمدد في جميع الجهات ويؤثر على أبعاد المثال ويدعى بالتمدد التصلبي.

- **أهمية التمدد التصلبي:** يجب ألا تتعرض مواد الأمثلة نظرياً لأي تبدل في أبعادها كي تستطيع تشكيل أمثلة مخبرية دقيقة. ولكن تتعرض كل المنتجات الجبسية إلى تمدد بنسب متفاوتة عند تصلبها وتتعلق كمية هذا التمدد بنوع الجبس وبعوامل أخرى.

يعد التمدد التصلبي غير ملائم لبعض الأعمال المخبرية لأنه قد يشكل مصدراً للخطأ، فمثلاً إذا امتلك جبس الطبعات تمدداً تصلبياً عالياً أدى إلى طبعة غير دقيقة. ولكن للتمدد التصلبي فوائد في أعمال مخبرية أخرى، فمع زيادة استخدام الخلائط غير الثمينة والتي لديها تقلصاً عالياً نسبياً تم تطوير نوع من أنواع الجبس يتمتع بتمدد عالي ليعاوض تقلص هذه الخلائط. لذلك تعمل الشركات على ضبط التمدد حسب استخدامات كل نوع من أنواع الجبس.

العوامل المؤثرة في التمدد التصلبي:

١ـ معدل ماء/ مسحوق: كلما كانت نسبة ماء المزج أعلى في المزيج كان التمدد التصلبي أقل والعكس صحيح، لذلك يملك الجبس العادي (البلاستر) التمدد التصلبي الأقل لأنه يحتاج إلى كمية أكبر من ماء المزج مقارنة بالجبس الحجري والحجري المحسن.

يسمح خفض الكمية النسبية من الطور المائي للمزيج لأي نوع من أنواع الجبس بزيادة عدد نوى التبلور المتواجدة في واحدة الحجم، الأمر الذي يسبب المزيد من تدافع البلورات أثناء ترسبها وبالتالي توضعها بعيداً عن نوى التبلور الموجودة وترك فراغات بينهما وتشكيلها نوى تبلور جديدة، أي تتوضع البلورات النامية على مساحة كبيرة مسببة تمدداً واضحاً في الكتلة النهائية للجبس الصلب.

وكلما ارتفعت نسبة الماء إلى المسحوق تتواجد أعداداً أقل من نوى التبلور في واحدة الحجم مقارنة بالمزيج الغني بالمسحوق لذلك يكون تدافع البلورات نسبياً قليل وتتوضع البلورات المتشكلة فوق نوى البلورات المتواجدة في الكتلة مسببة مع مرور الوقت نمواً لنوى التبلور وتشابكها، في هذه الحالة تكون الفراغات المتواجدة بين البلورات أقل وبالتالي التمدد التصلبي أقل.

إذاً التمدد التصلبي يتناسب عكساً مع معدل الماء إلى المسحوق.

٢ـ المواد الكيميائية المضافة: يتم ضبط التمدد التصلبي بإضافة المسرعات التي تنقص زمن التصلب وتزيد التمدد التصلبي أو المبطئات التي تزيد زمن التصلب وتنقص التمدد التصلبي.

التمدد التصلبي الرطوبي: HYGROSCOPIC SETTING EXPANSION

عند تعرض المنتجات الجبسية للماء أثناء التصلب مثل غمر المثال الجبسي في الماء، يحدث بالإضافة إلى التمدد التصلبي تمدد آخر يعادل ٥٠- ١٠٠ % من التمدد التصلبي ويدعى بالتمدد الرطوبي.

التفسير: يؤدي اندخال الماء في كتلة الجبس في طور التصلب إلى إحاطة الماء لنوى التبلور المتشكلة وهذا الأمر يعيق ترسب بلورات جديدة على هذه النوى فتتشكل نوى تبلور جديدة تحصر الماء فيما بينها وهذا يعني زيادة في عدد نوى التبلور وبالتالي زيادة في كمية الماء المحصورة بينها أثناء ارتباط نوى التبلور بعضها ببعض.

المحصلة النهائية لهذه العملية هي تمدد إضافي للمثال الجبسي الصلب (تمدد تصلبي رطوبي) وهي عملية فيزيائية محضة وليست نتيجة تفاعلات كيميائية.

أهمية التمدد الرطوبي: يستخدم لإحداث تمدداً كبيراً نسبياً في المسحوق الكاسي برابطة جبسية.

٣- المقاومة: STRENGTH

وهي مقاومة المادة للكسر. المنتجات الجبسية هي مواد قصفة لأن المواد التي تملك مقاومة عالية للضغط ومنخفضة للشد تدعى مواد قصفة.

يملك الجبس العادي الصلب مقاومة شد تبلغ حوالي ٢٠% من مقاومته للضغط بينما يملك الجبس الحجري الصلب مقاومة شد تبلغ ١٠% من مقاومته للضغط.

إن كسر المثال الجبسي يحدث عند تعرضه للشد لذلك مقاومة الشد هي أفضل دليل لمقاومة الكسر بينما تعطي مقاومة الضغط أفضل دليل على قساوة سطح المثال الجبسي.

العوامل المؤثرة على المقاومة:

١- **كمية الماء الزائد:** كلما كانت كمية الماء الحر أكبر كانت المقاومة أقل نتيجة تبخر الماء وتشكل مسام مكانه.

٢- **المقاومة الرطبة:** وهي مقاومة الجبس الصلب عندما تكون كمية الماء الزائد كبيرة في حال استخدام ماء مزج أكبر من الكمية المحددة من الشركات المنتجة.

تكون مقاومة الجبس العادي للضغط حوالي ٩ ميغا باسكال والجبس الحجري المحسن ٣٥ ميغا باسكال.

٣- **المقاومة الجافة:** تصبح مقاومة الجبس أفضل عندما يفقد الماء الزائد عبر تبخره لتصبح أكبر بمرتين أو أكثر من المقاومة الرطبة.

قد يتم التخلص من الماء الزائد بتجفيف المثال الجبسي بتسخينه لدرجات حرارة منخفضة ولا تحدث زيادة في المقاومة إلا مع فقدان حد أدنى ٢% من الماء الزائد وهذه الزيادة في المقاومة عن طريق التجفيف ردودة أي عند غمر المثال الجبسي في الماء سرعان ما تتراجع المقاومة إلى المستوى الأصلي لها.

٤- الحرارة: يكون الجبس ثابتاً في درجات الحرارة الأقل من ٤٠ درجة مئوية.

التجفيف بالحرارة يجب أن يتم بحذر شديد لأنه يخسر الكمية الكبيرة من الماء الزائد وبسرعة في درجة حرارة ١٠٠ درجة أو أعلى ولكن ذلك يؤدي إلى تقلص الجبس وتراجع في مقاومته.

٥- معدل ماء/ مسحوق: ترتبط المقاومة عكساً مع معدل ماء/ مسحوق.

يكون تبلور ثنائية الماء أكثر كثافة وقوى الربط بين البلورات أشد في المثال الجبسي الغني بالمسحوق وعند تجفيفه في جو الغرفة تتبخر كمية قليلة من الماء ونحصل على تركيب كثيف وقساوة أكبر للجبس.

لذا يجب إضافة ماء بنسبة أقل إلى المسحوق عند الحاجة إلى مقاومة عظمى والأمر الذي يحد من إقلال كمية الماء هو لزوجة المزيج حيث تزداد اللزوجة مع نقص معدل ماء/ مسحوق وتصبح عالية لدرجة يصعب فيها التعامل مع المزيج ويقلل من إمكانية ترطيبه للطبعة.

٦- **البنية البلورية لنصف المائية:** يملك الجبس الصلب من نصف المائية بيتا بلورات غير منتظمة الشكل وغير متراصة وضعيفة الترابط مع مسامات بينها مما يؤدي إلى ضعف مقاومتها.

بينما يكون الجبس الصلب من نصف المائية ألفا على العكس ومقاومته أعلى.

٧- **شدة ومدة المزج:** تتحسن مقاومة المثال الجبسي مع زيادة مدة المزج.

تؤدي إطالة زمن المزج إلى زيادة عدد نوى التبلور وارتباطها فيما بينها بشكل أكبر وبالتالي ارتفاع المقاومة ولكن تتخرب نوى التبلور المتشكلة في كتلة الجبس خلال عملية التصلب عند المبالغة في المزج وتسبب نقصاً في المقاومة.

٨- **التجفيف:** تتعلق المقاومة بكمية الماء الحر الموجود بين بلورات ثنائية الماء.

يفقد المثال الجبسي خلال ٢٤ ساعة ٩٠% من مائه الحر نتيجة تبخره وبالتالي تزداد المقاومة. تحصل كل أنواع الجبس المختلفة على مقاومتها النهائية بعد ٥- ٧ أيام.

ما هو الوقت المناسب لاستخدام المثال الجبسي:

لا يمكن استعمال المثال الجبسي بسرعة في اللحظة التي وصل فيها إلى تصلبه النهائي، لأن الجبس لم يصل إلى كامل مقاومته.

عملياً يمكن استخدامه بعد ساعة من تصلبه لأنه يكون قد اكتسب ٨٠% من مقاومته، تكون المنتجات الجبسية الحديثة جاهزة للاستخدام بعد ٣٠ دقيقة.

٤- القساوة ومقاومة السحل: HARDNESS AND ABRASION RESISTANCE

هذه الصفة هامة جداً لأن الممارس لا يرغب في حدوث فقد صغير أو كبير في بنية المثال الجبسي أثناء عملية تصنيع التعويضات.

تتعلق القساوة ومقاومة السحل بمقاومة الضغط لأن زيادة مقاومة الضغط تزيد مقاومة السحل والقساوة.

كما أن استخدام محاليل مقسية يحسن من مقاومة السحل للمنتجات الجبسية لأن هذه المواد تزيد من مقاومة الضغط وتقلل من خشونة السطح.

تبقى القساوة ضعيفة بعد التصلب النهائي حتى تبخر معظم كمية الماء الزائد عندها تزداد قساوة السطح.

٥- نسخ التفاصيل:

تنسخ المنتجات الجبسية التفاصيل بدقة وهذه الخاصية هامة من أجل:

- جبس الطبعات ليعكس النسج الفموية بدقة.
- مواد الأمثلة لتنسخ أدق التفاصيل الموجودة في الطبعة.

يجب أن يكون هناك توافق كيميائي بين الجبس ومادة الطبع كي يستطيع الجبس عكس تفاصيل الطبعة، كما يجب أن يرطب مزيج الجبس الطبعة دون أن يحتجز فقاعات ودون تشكيل صعوبات تعيق تدفق مزيج الجبس.

٦- الانحلالية:

ينحل الجبس الصلب في الماء بشكل جزئي عند غمره مدة طويلة، والطريقة الأفضل هي غمره في محلول مشبع من كبريتات الكالسيوم.

٧- السيولة:

تتعلق سيولة المزيج الجبسي بمعدل ماء / مسحوق فكلما استخدمت كمية ماء أكبر ازدادت السيولة.

يملك المزيج بعد مزجه مباشرة أعلى سيولة ثم تتناقص مع بدء التصلب الأولي.

- **المحاليل المقسية:**

تنتج هذه المحاليل تجارياً ليتم مزجها مع مسحوق الجبس بدلاً عن الماء مسببة زيادة في قساوة ومقاومة السحل للجبس.

إن تحسين القساوة ومقاومة السحل لمواد الأمثلة هام جداً لأن هناك حاجة للدقة العالية في المثال لضمان الانطباق الجيد للتيجان والحشوات المصبوبة.

تتكون هذه المحاليل المقسية من الماء والسيليكا الغروية بنسبة ٣٠% ومعدلات كيميائية أخرى وهنا قد يختلف معدل المحلول إلى المسحوق عن معدل الماء إلى المسحوق لأن المعدلات تنقص كمية الماء الزائد الذي تحتاجه نصف المائية من أجل ترطيبها وإعطاء مزيج بقوام قابل للاستعمال.

كمية التقسية تتعلق بمادة الطبع المستخدمة، تزيد المقسيات القساوة بنسبة **٢%** فقط في حال كانت مادة الطبع المستخدمة من السيليكون ولكنها تزيد القساوة بنسبة **٢٠%** عند استخدام متعدد الكبريت و **٧٠%** مع مادة الآغار و **١١٠%** مع متعدد الإيتر.

كما يمكن غمس مثال العمل الإفرادي بمادة راتنجية منخفضة اللزوجة تدعى cyanoacrylate وذلك من أجل زيادة قساوة السطح.