

牙科材料學 Dental morphology
印模材料篇
(Impression Materials)

臺北醫學大學 牙醫學系
董德瑞老師
drdong@tmu.edu.tw



牙科印模材料(Impression Materials)是用以作為口腔組織形態精確複製使用，其中的口腔組織是自單顆牙齒至整口齒列，或是全口缺牙製作義齒前，牙床黏膜形態的印取複製。印模作用乃將口腔組織製成一負式的複製品(Negative Reproduction) 然後灌入石膏材料或其他的模型材料，當模型材料凝結後，從印模材料中分離取出將是一正式模型(Positive Cast)，此經過將可讓牙醫師藉印模作用將患者口腔組織形態精確地複製成石膏模型而得以在口腔外進行診斷，治療和復形工作的準備，甚至製作復形或膺復體。一般印模材料在應用時往往需藉著印模托(Impression Tray)的盛載，當材料保持良好的流動性和塑性階段時，將之置放於要印模的口腔組織部位上，材料經反應作用(物理作用或化學作用)後將慢慢凝結，當印模材料穩定且有足夠強度時，牙醫師可將之從患者口內取出，然後按治療需要灌製不同材料的模型，大部份是以石膏類作為模型材料最廣泛使用。

壹、印模材料性質之基本要求



由於牙科用印模材料將使用於患者口腔組織形態複製使用，對於口腔組織有直接接觸，因此印模材料的基本性質將必備一定的要求，雖然市面銷售有各式各樣印模材料，但是能符合以下各項性質的要求之理想印模材料幾乎沒有，但是，材料的選用方面，牙醫師可按其個人的經驗和技術，患者的需要並配合各項客觀的條件而決定採用那一種印模材料。

印模材料性質的基本要求列述如下：

- 1.材料具有患者易於接受的氣味和顏色:
- 2.其成分對患者口腔局部組織甚至全身不引起革陸反應;
- 3.有足夠長的保存期限:
- 4.價格合理，且印模效果物有所值:
- 5.操作簡易方便，毋需特別儀器設備的配合:
- 6.凝固的特色符合臨床操作的需求:
- 7.合理的黏度和結構:
- 8.在口腔內對組織的濕潤程度佳:
- 9.具有優良的彈性恢復性能，免除永久變形的發生:
- 10.在印模過程中有足夠的強度以抵抗撕裂或折斷現象發生:
- 11.在口腔內和室溫環境中置放，均能保持尺度的穩定性:
- 12.與一般石膏灌製和單齒模電鍍處理等材料均有良好的相容性:
- 13.臨床使用具有優良的精確度:
- 14.進行消毒處理不會影響灌模的精確性。



綜合以上各項的基本要求可以歸納為三大主要考慮因素：

一、精確性(Accuracy)的考慮：

由於印模材料主要的功能將口腔組織，特別是細微部位能正確地記錄下來並複製，因此其在印模過程中對組織的濕潤性(Wettability)和流動性(Flow)均必須適宜，特別是口腔內所呈現的黏性(Viscosity)將影響對細微部位的印模效果。口腔是一個時刻保持潮濕和有唾液存在的環境，唾液對於部份疏水性(Hydrophobic)的印模材料將會發生不相容的現象，因此在披覆有水氣或唾液的組織表面將造成印模不完全或缺陷的發生。在印模材料凝固(Setting)過程中，母論是以化學方式或是物理方式進行往往都會有尺度變化(Dimensional Change)的發生，因而造成精確性的降低，而大部份的材料，特別是聚合物材料類所呈現尺度變化往往是收縮現象，

因此當印模過程中使用印模托盛載印模材料，而材料與印模托(Impression Tray)之間必須保持良好的附著或黏著效果，在印模材料凝固後，材料將朝印模托方面收縮，結果將造成印取的組織形態有變大，尺度不準確的後果，圖13-10如果在精確的印模所灌注之模型上繼續進行各項復形體的製作，結果在模型上雖然是可以接受的精密程度，但在口腔組織內則完全不精確且沒法採用，要獲得較佳的印模精確性，則尺度變化必須盡量避免和降低。除了材料本身由於凝固反應變化而產生影響之外，溫度的改變，例如口腔內溫度約自攝氏32至37度，而室溫約為攝氏23度，二者相差約攝氏10度，因此部份對溫度較敏感的聚合物或有機物印模材料將可能因熱或溫度的變化而出現尺度改變，結果便如同前述一樣造成不精確的印模效果。另外，當使用印模托時，印模材料盡可能與印模托材料擁有相同的熱膨脹係數，將可降低由於膨脹率不同所發生的收縮不平均、脫落和移位等現象，造成印模效果嚴重的變形和不精確。

以上是材料的反應所引起的精確性改變，實際上，對印模效果的精確性影響最大的應是印模材料在凝固後所擁有的機械性能，特別是彈性(Elastic Properties)和抗撕裂強度(Tear Resistance)，圖13-2，乃表示印模材料往往在一不規則的口腔組織，例如牙齒表面進行凝結固化，然後將被分離取出印模材料，在分離過程中，由於不規則的表面有不同厚度的材料和受不同壓縮或張力的處理，此時，印模材料如果擁有優異彈性回復(Recovery)的性能則可以獲得一理想之口腔組織原來形態的精確印模效果，相反地，將可能呈現如圖13-3的結果。除了以上的彈性回復表現之外，當材料在通過嚴重倒凹(Undercut)時，應該同時擁有足夠的強度不致發生撕裂或破損現象以維持印模的完整性和精確性，圖13-40


二、尺度穩定度(Dimensional Stability)

上述所提及的主要是針對印模材料在進行印模過程可能發生，且影響精確性的各項因素，在印模材料自患者口內取出並準備進行灌製模型之期間將有些因素須加以注意才能確保印模的精確和完整。事實上，為確保印模和製模的品質，一般的建議是在印模後能盡快進行灌製石膏模型較為合適，逾時存放或延誤灌模，由於材料受存放環境的溫度、濕度等的影響，可能引起發生變形，更有部份材料由於化學凝固反應的繼續進行，將造成明聚的變形，目前除了少數的加成式矽膠材料有特別標示註明需在印模後等待一至二小時，讓內部產生氣體能逸散完全才進行灌製石膏模型外，大部份印模材料應在印模後立刻緊接進行灌製石膏模型為宜。

三、操作變數(Manipulative Variables)



目前常用的各種印模材料有各式各樣的配方，從粉劑和液劑的混合、糊劑(Paste)和液劑、糊劑和糊劑的調和，以至單一成分不必混調的包裝等，屬於物理性反應的多以加溫的方式造成材料有適當的流動性，以供印模的進行。至於需要混調的材料，由於混調過程中材料便開始化學凝固反應，為求讓牙醫師有足夠操作的時間，而材料又能在合理時間內能達成均勻的混合，所以材料廠商往往在需要調拌的材料其配方上造成明聚的顏色不同，例如糊劑和糊劑的混合，其中一種糊劑將配成深色，另一則較為淺色，強烈的顏色對比在調拌中可以確認混合的均勻程度，不均勻的混合將造成凝固反應的不完全或延誤固化，造成印模效果不良。

經混合後的材料其凝固特色(Setting Characteristics)，特別是進行化學反應的材料，從材料互相混合調拌開始至材料固化無法進行精確印模使用，其中的時間範圍稱之為工作時間(Working Time)，一般而言，從材料的黏稠度表現可以估計或決定此項時機。圖13-5乃表示三種不同的印模材料其黏度(Viscosity)的變化，其中甲材料的曲線表示此材料在混合的早期便有很高的黏度，隨時間的進行，黏度呈現緩慢的增加。乙材料的曲線表示材料在初期的黏度較低，但是在混合進行反應時，黏度會在短時間內以高速率上昇，丙材料的曲線表示此材料在混合後的初期有一段較長時間的低黏度表現或是延緩反應作用，然後將出現黏度的急速上昇，此類具有引導期的材料通常較被臨床牙醫師所喜愛，特別是進行廣泛部位或全顎(Full Arch)的印模，低黏度和高流動性的特色可讓牙醫師有足夠的時間將材料正確地塗佈在印模的部位上去，從材料混合完畢，置放在印模托或置入患者口腔時算起，直至凝結作用完成為止，此段時機稱之為凝固時間(Setting time)。




一般而言，經由化學反應以達成凝固的材料，其真正完全凝結所需的時間理論上是十分長久，且視反應物和生成物的穩定性而有所影響。臨床上，當材料達到某程度的硬度或彈性則將被視為已經凝固。在應用上，材料應以擁有較長的工作時間配合較短的凝固時間較佳，此表示反應速率在口腔環境內將較之在室溫操作時為快，患者也將較易接受。

貳、印模材料的分類




對於印模材料的分類方式，目前最廣為採用的是依材料在凝固後的性質作為首先考慮，此項凝固所表現的性質將主導不同印模材料其可能應用的範圍與臨床適用的條件。而性質中最單純且重要的是凝固後表現屬於剛硬或具彈性，在應用上也就決定了印模材料是否適宜於有倒凹(Undercut)部位的印模使用。當牙齒整個形態需印取模型或患者口腔內具很大且深的軟組織倒凹時，所選用的印模材料就必須在凝固時應擁有足夠的彈性以通過上述的倒凹，且可以立即完全恢復不發生絲毫的塑性或永久性的變形，獲得精確的印模效果。




一般所稱的彈性(Elastic)印模材料乃表示材料在凝固後將擁有抵抗壓縮或拉張變形的能力，且在上述應變的應力消除後可以藉材料本身的彈性恢復而獲得準確的印模效果。非彈性(Non-Elastic)印模材料主要包括兩種型態的材料，一是屬於質地保持柔軟但是具有高度塑性的印模材料，例如：蠟類。另一種是在凝固後性質是十分堅硬或具脆性，不容易發生塑性變形，例如：石膏類。牙醫使用的印模材料可歸納如表13-1所列之分類。

參、非彈性印模材料



一、石膏印模材料(Impression Plaster)



石膏是一凝結後十分堅硬且脆的材料，使用於臨床印模是在早期其它彈性印模材料未研發成功之前，是對於缺牙部位或全口義齒製作印模的常用材料，由於石膏的親水性(Hydrophilic)，混合初期流動性佳且凝結速率快，因此印模的精確性十分高，目前由於彈性印模材料的應用範圍較廣且效果十分優良，所以，石膏類材料只被使用於修正式(Corrective)印模用，例如在上後半部，由於黏膜下存在大量的較小型唾液腺，此類唾液腺的分泌物經常造成印模出現缺陷，特別是疏水性印模材料，此時可在印模後，使用石膏印模材料置放在缺陷部位，然後進行另一次的局部修正，以印取精確的模型。



1.成分和作用(Composition and Reaction)

可作為印模的石膏其主要成分與作為灌製石膏模型和單齒模的石膏類材料成分相似，以半水硫酸鈣為主，經與適量水混合後將反應生成二水硫酸鈣，印模用材料其水和粉的比例較高，約為0.60，調拌均勻的石膏材料其流動性十分佳可將口腔組織的細緻部份精確地紀錄下來。成分中的硫酸鉀、氯化鉀和硝酸鉀對凝固時間有加速縮短的功能和可將凝固反應中所發生的膨脹量降低至0.06%，為求臨床應用的適宜，往往添加少量的碳酸鈉、重碳酸鈣、碳酸鉀和硼酸作為反應的延緩劑(Retarders)，其中以硼酸最為常用。除了上述的主要反應成分組成外，為求在印模後，進行模型灌製，印模材料與模型材料若同樣是石膏類材料則往往會添加一些色劑作為二者的辨別，分離劑方面，則在印模用石膏材料內加入一些澱粉類(Starch)物質，使在分離模型時較為容易，其餘的添加劑包括了香料和膠質(Gum)等，前者可讓患者較易接受和舒適，後者可增加石膏材料和印模托之間的黏結和在調拌時較為柔軟。



2.比例和混和(Proportioning and Mixing)

材料的正確水粉比例和混和操作步驟，基本上應以廠商所提供或指示為準。改變水粉比例除影響稠度(Consistency)和凝固時間外，將直接造成材料強度的改變。一般而言，增加水粉比例將可調拌更稀的漿液，且需較長的時間才會凝固，但是印模後材料的強度將較弱且易脆裂。



3.凝固時間(Setting Time)

印模用石膏其凝固時間多由廠商利用添加劑而作適當的控制。改變水粉比例雖然可以達到影響凝固時間的功效，但是將造成上述所提及的強度之負面影響，其中不同的水粉比例對時間和凝結時間的影響，見表13-2所列。



4.保存(Storage)

如同一般石膏類材料，印模用石膏由於是乾燥式粉末，容易吸收水份發生早期的凝固反應，受潮的石膏材料將造成凝固時間的縮短，若是過份受潮則會造成凝固時間的增長，因此建議將石膏類材料儲存在密閉容器內，在妥善保存下，一般印模用石膏材料其有效使用期約一年或以上。印模後，石膏材料的消毒處理以一般消毒溶液沖洗或泡浸十分鐘內對其精確性和表面細緻無明聚的影響。同時，有研究顯示暴露在空氣中24小時後，印模用石膏材料其尺度變化在臨床上也不明聚。



5.分離劑(Separating Agents)

為避免印模用與灌模用之石膏類材料發生化學式或機械性的黏結而難以剝離，一般建議在印模材料表面塗上分離劑，然後才灌模，部份有機溶劑且具揮發性的塗漆(Varnish)可使印模材料表面形成一層光滑完整的薄膜，但是要注意不能太厚以免影響精確性;其除浸泡肥皂液，蠟液等均有助分離的功效。



二、蠟印模材料(Impression Wax)

印模用蠟材料很少單獨用作印模紀錄使用，而一般多用作為其它印模後出現小缺陷之修正使用。由於蠟材料是屬於熱塑性材料，在口腔內的溫度甚至室溫就會軟化並發生變形，因此，若大量使用將很容易造成由於過份柔軟的原故以致影響印模的精確性。



一般可以作為印模用的蠟材料其組成成分以低熔點的石蠟和蜂蠟為主，另添加其它的碳氫化合物類。其中石蠟和蜂蠟的比例約為3比1，此種組合方式乃維持印模用蠟材料能在口腔溫度範圍內擁有良好的流動性。

三、氧化鋅丁香油酚印模糊劑(Zinc Oxide Eugenol Impression Pastes)



氧化鋅丁香油酚印模糊劑屬於非彈性硬式印模材料，具有高度組織表面紀錄印模能力和精確性，臨床上常用於精確性印模和咬合紀錄使用。氧化鋅丁香油酚印模材料由於具備以下的優點：(1)、材料在乾燥情況下對於各種樹脂類、混合材料類物質製成的印模托有良好的黏結效果；(2)、材料凝固後十分堅硬和脆，可作為印模正確性進行重覆檢視的操作；(3)、有足夠的工作時間讓牙醫師作功能式印模操作；(4)、具有良好的精確性和尺度穩定性；(5)、屬親水性且流動性佳；(6)、與灌模用石膏相容性良好，容易分離。



1.成分(Composition)

早期的配方是以粉劑和液劑混合調拌成糊漿使用，目前市售的材料均以糊劑配方為主，可分為基底糊劑(Base Paste)和加速糊劑(Accelerator Paste)。基底糊劑內含80%氧化鋅粉末與惰性油脂類材料(占15%)混合而成；加速糊劑含有15%的丁香油酚類，65%膠質松香類(Gum Rosin)和油，16%高嶺土(Kaolin)等填料和4%氯化鎂與水等的加速劑。



氧化鋅丁香油酚印模糊劑其基本成分是氧化鋅和丁香油酚材料，其餘的添加物多針對材料的凝固速率，塑性和強度進行適度調整。其中氧化鋅粉末的製造方式和粒度大小對於反應速率，凝固時間和強度都有決定性的影響。膠質松香(Gum Rosin)的添加由於其存在於混合物之間，在材料凝固並進行灌模後，此添加物將會在熱水中浸泡後而促使氧化鋅丁香油酚材料的軟化，有幫於與石膏模型分離。氯化鎂對於正常反應較緩慢的氧化鋅和丁香油酚作用有加速的效果，高嶺土類的陶瓷粉末的添加主要是使材料在調拌時有適當的稠度，而在凝固硬化時有足夠的強度和硬度。



2.凝固作用(Setting Reaction)

在反應過程中兩分子的丁香油酚將與一分子的氧化鋅在含水的環境中進行螯合作用(Chelation)形成螯合複合物：丁香油酚鋅，見圖13-6所示。以上的反應如果沒有水份存在或是氧化鋅是完全乾燥粉劑，則粉劑與丁香油酚材料混合時，凝固反應作用將很慢地進行，甚至不會硬化，在約含2%水份的條件下，反應作用需24小時才能完成，但是當氧化鋅的水份含量升高至5%則與丁香油酚起凝固反應所需的時間將縮短至大約祇要15分鐘。一般反應過程中氧化鋅是以過量方式與丁香油酚起作用，未經螯合的氧化鋅則被形成的螯合複合物所包圍。



一般的氧化鋅丁香油酚材料其初期凝固時間約在2-4.5分鐘之間，其後期凝固時間則2.5-6分鐘之內。由於丁香油酚具有辛辣味道和燒灼感，往往在印取模型時會使患者感到十分不舒服和刺激性，目前替代的材料是以麝香草酚(Thymol)類材料取代丁香油酚類而與氧化鋅起螯合作用，可降低對患者的刺激性和味道。在操作使用氧化鋅丁香油酚類材料時，若是以糊劑調拌，混合時間約為30-40秒，然而，在調紙上經調好的材料會受環境溫度與濕度的影響而縮短工作時間，因此，當材料置放入患者口腔時，由於口腔內溫度和濕度都會較外在環境為高，所以凝固的速率將進行較快。



對於材料凝固時間的改變可透過以下的操作：(1)、加上一滴水或酒精於混合糊漿中一併調拌將會加速凝固發生；(2)、在調拌時添加少許油類物質，例如：礦物油、魚肝油等，將會把加速劑稀釋而延長凝固時間。經以上的處理時要注意除了對材料凝固速率產生作用外，將同時對材料的強度和其它的物理性質產生相當程度的影響，而且此種影響將因不同廠牌的材料而有所差異不同，因此建議在選擇材料之時應以材料之凝固時間和稠度符合臨床所需為原則。



3.物理和機械性質(Physical and Mechanical Properties)

氧化鋅丁香油酚印模材料在凝固時，約在混合後30分鐘將產生約0.1%的收縮之尺度變化。在往後的24小時內將不會出現明顯的變化，因此在臨床使用上算是一種尺度十分穩定的材料，特別是應用於修正式印模時，尺度的穩定性是最基本的要求。

四、混合印模材料(Impression Compounds)



混合材料是牙科用印模材料最早使用材料之一，目前牙托用混合材料已經多由樹脂材料所取代，但是印模用的混合材料在邊緣製模(Border Modeling)和測試嵌體修磨的平行度使用方面仍是主要材料之一。混合材料是一種熱塑性的材料，可利用熱水浴或酒精燈火焰使之熱軟化或獲得應有的稠度，在口腔內，由於溫度較低，已熱塑的混合材料將迅速硬化成爲一堅硬易脆裂的材料，因此對於有任何倒凹的口腔組織部位將無法使用。從材料的熔點不同可分類爲高熔點(牙托用)和低熔點(印模用)混合材料兩大類型。



1.成分(Composition)

混合材料是熱塑性樹脂、蠟類、填料和色素等的混合物，其主要成分比例見表13-4所列。樹脂和蠟成分在受熱後將會軟化而使材料有適當的流動性和內聚性。填料，例如：滑石(Talc)，將使材料在軟化時有適當的稠度和凝固後有足夠的強度。色素的添加可以用作辨別材料的種類和用途。




2.熱導度(Thermal Conductivity)

基本上混合材料是屬於有機成分爲主，其導熱性較低，因此在進行熱塑處理時必須注意混合材料的受熱和均勻的軟化，同時更應注意避免過份加熱造成成分的燃燒或氧化。浸泡在熱水裡過久，同樣會造成混合材料中可溶性成分的滲透溶解而造成成分和性質的改變。在降溫硬化的過程中同樣也受材料的低導熱度所影響，一般狀況下，混合材料的最外層是先凝固，內部則較緩慢且較軟，因此爲避免印模的變形，必須注意混合材料的徹底凝固才從口腔取出。




3.軟化和流動性(Softening and Flow)

混合材料應該以在較口腔溫度稍高的狀況能具有適當的流動性爲佳，使得材料能正確地將口腔組織的細微部份紀錄下來，而在口腔溫度內其流動性愈低愈佳，以減少印模材料從口腔內取出時發生變形的機會。美國牙醫協會第3號規範就牙科印模用混合材料的流動性規定其基本的要求，見表13-5所列。




除了口腔的正常溫度外，一般為加速混合材料的凝固可能使用冷水輔助，而使用的冷水的溫度應在攝氏16至18度間為宜，過冷的水將令患者感到不適，且太急速的冷卻步驟容易造成材料產生內部壓力(**Internal Stress**)，繼而發生變形現象。



4. 熱收縮現象(Thermal Contraction)

混合材料自口腔溫度移至室溫的冷卻過程中將會發生約0.3%的線性收縮，此現象一般而言是無法避免，但是可能會影響印模的精確性。




肆、彈性印模材料(Elastic Impression Materials)




一、瓊膠水膠體材料(Agar Hydrocolloid Materials)

瓊膠乃屬於可逆性水膠體，受熱處理將溶化成液膠體(Sol)，降溫冷卻則凝結成爲凝膠體(Gel)，由於以上的反應及重覆循環發生之物理變化，因此瓊膠水膠體又稱爲可逆性水膠體(Reversible Hydrocolloid)。



1. 成分(Composition)

瓊膠印模材料其主要反應成分是瓊膠，由大自然的海藻類植物萃取出來的一種有機親水性多醣物質。其化學結構 見圖13-7，乃含硫酸酯(Sulfuric Ester)的醣類(Galactose)之線性聚合物，瓊膠在攝氏71度至100度間將會液化，而在攝氏30至50度間則會凝結成爲凝膠體。其中溫度的變化將隨瓊膠含量的多寡而定，一般含量大約在8至15%範圍內，典型的瓊膠印模材料成分，見表13-6所列。



成分中作最大量是水份，水可以提供瓊膠的液膠體和凝膠體之互相轉換的連續反應作用之場所，同時控制了液膠體的流動性質和凝膠體的物理性質。瓊膠是構成液膠體的散播式(Dispersed)結構和凝膠體連續性纖維結構(Continuous Fibril Structure)的主要成分。硫酸鉀將抗衡硼酸添加後可能引起石膏材料凝固改變的副作用。硼酸對於瓊膠分子之間的聯結與增加凝膠的強度有增進的效果，苯甲酸烷基酯是一種十分有效的防腐劑，可防止瓊膠在儲存期間出現發霉的現象，色素和香料的添加有助患者接受此類材料以進行印模。



2. 操作特色(Manipulation Characteristics)

臨床使用瓊膠水膠體必須小心按部就班地操作和周邊設備的配合，目前此類材料多以金屬或塑膠管裝，方便浸泡水浴加熱處理。第一次使用時可將盛有瓊膠的管子浸在沸水，視材料的量之大小約為8至10分鐘，倘若加熱液化後之材料未能立即使用，保存至下次使用前必須重覆加熱，加熱時間將視保存的環境而定，再次液化的處理以煮沸2至4分鐘最常用，然而，經再次液化處理的瓊膠材料，其物理和機械性質將有所改變，凝固後的材料其硬性增加，彈性降低。建議此類可逆性水膠體材料再次煮沸液化的次數以4次以內較為安全。



正常情況下，經液化後的液膠體材料可浸泡在水溫攝氏63~66度之保溫槽內若干小時以備使用，使用時將材料從保存浴(Storage Bath)取出，將適量的材料置放在一經溫熱處理的印模托上去，無放入一溫度為攝氏46度左右的溫槽(Tempered Container)內降溫約2分鐘，然後才取出正式進行印模操作。此項溫熱處理(Tempering)的目的是讓材料的熱度或溫度與口腔組織溫度相容，不致引起熱刺激，同時對材料的稠度有所增加以利印模的進行，另外，由於瓊水膠體須要適當且均勻的降溫處理，以達到液膠體與凝膠體的轉換變化，降溫操作多依賴具有特殊流水循環設計的印模托，見圖13-8，備有水管可接駁一般的水管開關，而所需的水溫不能低於攝氏3度，循環流動時間為5分鐘，水溫過低將會造成瓊膠在凝固時的不完全或是過速地凝化而產生內部應力導致印模的變形。



在進行精確印模時，除了上述的印模托材料外，更有流動性較佳的注射管裝材料的配合，此種材料經由降低瓊膠的含量，同時增加水份，便可以獲得更理想的流動性。材料多裝在柱狀形的膠管或玻璃管中，並配合一般麻醉注射針具或特有的設備應用，首先將管狀材料煮沸10分鐘，然後保存在攝氏63度的溫槽內以備使用，由於要保持理想的流動性，此項注射管材料不用在正式使用前如印模托材料需降溫處理，但是要注意對口腔組織的熱刺激效應和確實依照廠商指示進行處理和印模。



3. 性質(Prooertles)

美國牙醫協會第11號規範對於牙科用瓊膠印模材料的性質有以下各項要求：



a. 凝膠化溫度(Gelation Temperature)：瓊膠材料在經過8分鐘煮沸後，材料應具足夠的流動性從管裝容器中被擠出來;保存或降溫處理時，都應能均勻受熱，且在溫度為攝氏45~37度之間會冷卻，由液膠體變成凝膠體。



c. 彈性(Flexibility)：美國牙醫協會的要求是彈性在4%至15%之間，一般的瓊膠印模材料的彈性都在上述要求範圍之內，然而，臨床操作時，為求減低永久性變形，印模材料在口腔內凝結後，要取出時應以快速(Snap)的動作來達成，使材料受最短時間的壓縮與變形，並發揮最佳的彈性恢復效果，以保持印模的精確性。



b.永久性變形(Permanent Deformation)：根據美國牙醫協會的規定，瓊膠印模材料在經10%之壓縮30秒後，其產生永久變形的量不能大於1.5%，目前市售的印模托用材料均符合此要求，約1.0%左右。



d.強度(Strength)：美國牙醫協會的壓縮強度要求為每平方厘米2500克以上，而一般的瓊膠印模材料都具有約每平方厘米8000克抗壓強度。但是在抗撕裂強度方面卻祇有每公分700克。由於瓊膠材料是屬於黏彈性物質，因此其強度性質與作用時間有關，作用速率愈快則表現的抗壓和抗撕裂強度則相對增加，所以在印模時，材料凝結後應以快速的動作將之取下，可降低印模材料的撕裂或破裂的現象發生。



e.與石膏的相容性(Compatibility with Gypsum)：印模完畢，在灌製石膏模型之前應仔細檢視印模材料表面是否有食物殘渣、唾液、血液等污染物，並以流動的水沖洗乾淨且保持潮濕進行石膏材料的灌模處理。此時應注意廠商指示或建議之灌模型處理步驟和石膏材料選擇，此舉可以增加印模材料與石膏的相容性。同時為增加灌模後模型複製細緻部份的能力，操作上常在印模後先浸泡在一些稱之為硬化溶液(Hardening Solutions)內，這些溶液多為硫酸鉀、硫酸鋅、硫酸鎂等，常用是2%硫酸鉀溶液，可以增加石膏的表面硬度，提昇複製的效能。



f.尺度穩定性(Dimensional Stability)：瓊膠材料因為含有超過80%以上的水份成分，因此在儲存時對於環境的影響十分敏感，印模材料凝固後，從患者口內取出進入室溫的環境時，由溫度的不同，凝析現象(Syneresis)馬上就會發生，結果是造成凝膠的收縮，尺度的變小。如果為求補償此項由於水份的蒸發或喪失所發生收縮的作用而將印模材料浸在水中待其進行吸水作用(Imbibition)而進行膨脹，由於各項因素的無法正確控制或估計，以上的措施所得的效果便難以估計，見圖13-9所示。為求獲得保存的效果，不同的保存液體例如2%硫酸鉀或100%相對濕度的環境等均曾建議採用，但是，所得的結果可從圖13-10而預估得知。結論是由於瓊膠材料對儲存環境的敏感，所以在印模後應儘速灌模，如要保存可考慮放在100%相對濕度的容器儲存，將可減低尺度的差異，同時在灌模後待石膏材料凝結硬化過程中以儲放在上述容器中為宜。



3.消毒處理(Disinfection)

印模材料需要進行消毒處理的問題漸漸受到重視。由於水膠體材料在患者口腔印模完畢取出後必須儘早灌模，因此，消毒處理的步驟也必須十分迅速以免引起尺度改變破壞印模的精確性。目前市售的各式各樣消毒液均可能讓瓊膠印模材料獲得消毒的效果，但是，建議依照廠商的指示和推薦之操作步驟進行，特別是浸泡液的濃度和浸泡時間要確實進行，才可避免明聚的變形，維持印模的精確性。



4.複製用印模材料(Duplicating Impression Materials)

瓊膠材料除了常規應用於患者口腔組織的形態印取模型功效之外，在義齒製作過程中，經常需要將患者的石膏模型作一精確的複製，此項複製將可提供：(1)、以耐火 包埋材料灌模，並在包埋材料的模型上進行蠟型的設計與雕刻，然後進行直接包埋鑄 造處理。(2)、保留主模型作為鑄造體或支架的檢 試修整並作進一步的義齒製作處理。在成分上，複製用與印模用大致相同，複製用材料在含水量方面有較高的百分比，由於每次複製所需材料約200至400毫升，且複製材料將持續保存在攝氏54-66度的液膠體狀態。使用過的材料祇要將包埋材料清洗乾淨後將之切成碎塊便可放回容器內加熱煮沸處理成液膠體後倒置入上述的保存容器內以備使用。一般可回收重複使用的次數約在20次左右。



由於瓊膠材料具有足夠的彈性和強度，且表面印取或複製精細部位的能力高，所以迄今仍是常用的複製模型材料。在缺點方面也類似印模用材料，對環境影響頗敏感，容易引起尺度改度，保存在100%相對溫度的容器內可減低錯誤的發生，但是仍建議儘早灌模以減少影響為原則。對於牙科用複製材料的類型和性質的要求，美國牙醫協會第20號規範有所規定。在類型方面有可逆性和非可逆性兩大類與水膠體和非水性(Nonaqueous)材料兩種：非水性類包括了矽膠類等不必加熱處理而能凝固的印模材料，其中的永久性變形，應變量和抗撕裂強度等各項要求，見表13-7所列。



3.物理性質(Physical Properties)



a.工作時間(Working Time)：美國牙醫協會第18號規範規定藻膠印模材料的工作時間不能短於1.25分鐘，目前市售的材料，屬於快凝固之材料其工作時間約為1.25~2.0分鐘，常規或一般性的藻膠材料大約在3分鐘，而美國牙醫協會則要求不能短於2分鐘。因此，以快凝固性藻膠材料而言，調拌時間為45秒，剩餘有30~75秒的工作時間待材料進入凝固反應。對常規性的材料而言，有60秒的調拌時間，剩餘2至3.5分鐘的工作時間，在到達3.5分鐘材料才會正式凝固。



b.凝固時間(Setting Time)：美國牙醫協會規定屬於快凝固性藻膠印模材料其凝固時間不能短於1分鐘或超過2分鐘，常規性材料則不能短於2分鐘或超過4.5分鐘。凝固時間的延長可藉著降低水溫或減少粉與水的比例而達成(但是減少粉末的調拌將影響藻膠的強度和精確性，因此建議因應需要可選擇不同凝固速率的材料為優先，盡量避免改變粉水的比例。水溫方面，由於藻膠的凝固過程為一典型的化學反應，所以溫度上昇攝氏10度，化學反應速率將約加速一倍，然而，在實際操作過程中建議水溫應在攝氏18~24度之間，同時為求材料有足夠的抗撕裂強度和抵抗永久性變形的能力，建議應確實紀錄凝固時間讓材料能達到較佳的凝固效果，以表現最佳的性質。



c.彈性(Flexibility)：美國牙醫協會的要求是彈性在4%至15%之間，一般的瓊膠印模材料的彈性都在上述要求範圍之內，然而，臨床操作時，為求減低永久性變形，印模材料在口腔內凝結後，要取出時應以快速(Snap)的動作來達成，使材料受最短時間的壓縮與變形，並發揮最佳的彈性恢復效果，以保持印模的精確性。



d.強度(Strength)：美國牙醫協會的壓縮強度要求為每平方厘米2500克以上，而一般的瓊膠印模材料都具有約每平方厘米8000克抗壓強度。但是在抗撕裂強度方面卻祇有每公分700克。由於瓊膠材料是屬於黏彈性物質，因此其強度性質與作用時間有關，作用速率愈快則表現的抗壓和抗撕裂強度則相對增加，所以在印模時，材料凝結後應以快速的動作將之取下，可降低印模材料的撕裂或破裂的現象發生。



e. 與石膏的相容性(Compatibility with Gypsum)：印模完畢，在灌製石膏模型之前應仔細檢視印模材料表面是否有食物殘渣、唾液、血液等污染物，並以流動的水沖洗乾淨且保持潮濕進行石膏材料的灌模處理。此時應注意廠商指示或建議之灌模處理步驟和石膏材料選擇，此舉可以增加印模材料與石膏的相容性。同時為增加灌模後模型複製細緻部份的能力，操作上常在印模後先浸泡在一些稱之為硬化溶液(Hardening Solutions)內，這些溶液多為硫酸鉀、硫酸鋅、硫酸鎂等，常用是2%硫酸鉀溶液，可以增加石膏的表面硬度，提昇複製的效能。



f. 尺度穩定性(Dimensional Stability)：瓊膠材料因為含有超過80%以上的水份成分，因此在儲存時對於環境的影響十分敏感，印模材料凝固後，從患者口內取出進入室溫的環境時，由溫度的不同，凝析現象(Syneresis)馬上就會發生，結果是造成凝膠的收縮，尺度的變小。如果為求補償此項由於水份的蒸發或喪失所發生收縮的作用而將印模材料浸在水中待其進行吸水作用(Imbibition)而進行膨脹，由於各項因素的無法正確控制或估計，以上的措施所得的效果便難以估計，見圖13-9所示。為求獲得保存的效果，不同的保存液體例如2%硫酸鉀或100%相對濕度的環境等均曾建議採用，但是，所得的結果可從圖13-10而預估得知。結論是由於瓊膠材料對儲存環境的敏感，所以在印模後應儘速灌模，如要保存可考慮放在100%相對濕度的容器儲存，將可減低尺度的差異，同時在灌模後待石膏材料凝結硬化過程中以儲放在上述容器中為宜。



5. 消毒處理(Disinfection)

印模材料需要進行消毒處理的問題漸漸受到重視。由於水膠體材料在患者口腔印模完畢取出後必須儘早灌模，因此，消毒處理的步驟也必須十分迅速以免引起尺度改變破壞印模的精確性。目前市售的各式各樣消毒液均可能讓瓊膠印模材料獲得消毒的效果，但是，建議依照廠商的指示和推薦之操作步驟進行，特別是浸泡液的濃度和浸泡時間要確實遵行，才可避免明聚的變形，維持印模的精確性。

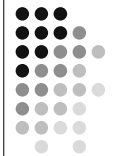


4. 複製用印模材料(Duplicating Impression Materials)

瓊膠材料除了常規應用於患者口腔組織的形態印取模型功效之外，在義齒製作過程中，經常需要將患者的石膏模型作一精確的複製，此項複製將可提供：(1)、以耐火包埋材料灌模，並在包埋材料的模型上進行蠟型的設計與雕刻，然後進行直接包埋鑄造處理。(2)、保留主模型作為鑄造體或支架的檢試修整並作進一步的義齒製作處理。在成分上，複製用與印模用大致相同，複製用材料在含水量方面有較高的百分比，由於每次複製所需材料約200至400毫升，且複製材料將持續保存在攝氏54-66度的液膠體狀態。使用過的材料祇要將包埋材料清洗乾淨後將之切成碎塊便可放回容器內加熱煮沸處理成液膠體後倒置入上述的保存容器內以備使用。一般可回收重複使用的次數約在20次左右。



由於瓊膠材料具有足夠的彈性和強度，且表面印取或複製精細部位的能力高，所以迄今仍是常用的複製模型材料。在缺點方面也類似印模用材料，對環境影響頗敏感，容易引起尺度改變，保存在100%相對濕度的容器內可減低錯誤的發生，但是仍建議儘早灌模以減少影響為原則。對於牙科用複製材料的類型和性質的要求，美國牙醫協會第20號規範有所規定。在類型方面有可逆性和非可逆性兩大類與水膠體和非水性(Nonaqueous)材料兩種：非水性類包括了矽膠類等不必加熱處理而能凝固的印模材料，其中的永久性變形，應變量和抗撕裂強度等各項要求，見表13-7所列。



二、藻膠印模材料(Alginate Impression Materials)



早期使用之瓊膠印模材料在第二次世界大戰爆發後，瓊膠主要來源(日本等地)便出現供應中斷，後經研究終於發展出另一種印模的替代材料：藻膠。藻膠印模材料經幾十年的臨床使用後發現此種材料有以下的主要優點：(1)、操作容易；(2)、患者在印模時感覺較為舒適和(3)、價格較廉不需要其他複雜的設備配合。由於藻膠印模材料從調拌成液膠體至轉換成爲凝膠體，整個過程爲一化學反應作用，凝膠體一旦形成便不能以任何物理方法使之再液化爲液膠體，因此，藻膠材料又稱爲不可逆性水膠體(Irreversible Hydrocolloid)以別於前述的可逆性水膠體：瓊膠。



1.成分(Composition)

藻膠的主要組成是藻酸(Alginic Acid)是由水產植物製備而來，乃一Anhydro一D—Mannuronic Acid的線性聚合物，分子量約在32,000~200,000之間，結構見圖13—11所示。大部份藻酸鹽化合物是不溶於水，祇有藻酸鈉、藻酸鉀和三乙醇胺類(Triethanolamine)藻酸鹽是水溶性化合物，所以，應用於牙科作爲印模材的基本成分。典型的藻膠印模材其組成成分見表13—8所列。



其中藻酸鉀在印模粉與水相調和時將溶於水中且與鈣離子(來自二水硫酸鈣)作用不溶性化合物，硫酸鉀或硼酸鹽類主要是抗衡藻膠水膠體對石膏凝結的不良影響，並且促進灌模時模型表面的硬度增加和品質，磷酸鈉可於反應的初期先消耗部份由硫酸鈣析出之鈣離子，生成水溶性的磷酸鈣直至磷酸根被消耗盡爲止，此種選擇性的反應作用可提供牙醫師對印模材料有足夠的工作時間，因此，由磷酸鈉的含量多寡決定了印模材料凝固的速率，所以印模材料有常規凝固(Regular Set)和快凝固(Fast Set)藻膠兩種。矽藻土的添加影響了藻膠印模材料在調拌時的稠度和凝固後的彈性與強度，另外，由於藻膠粉末十分細小，在使用時經常易引起塵粉飛揚，牙醫師或工作人員在長期吸入過量塵粒，據研究可能會導致肺部或氣管疾病的發生，因此爲防止塵粒的飛揚，目前較常用之方法是在每粒藻膠粉末粒子表面披覆一層乙二醇(Glycol)而降低粒子飛揚成爲無塵藻膠(Dustless Alginate)。



2.比例和混合作用(Proportioning and Mixing)

如果在調拌藻膠印模材料過程想獲得理想的稠度，水粉的正確比例是十分重要。水粉比例一旦被改變，整個印模材料的稠度，凝固時間，強度和印模的品質均受影響。目前廠商往往在藻膠印模材料的包裝上附有量度粉劑和水的器皿，使整個操作趨向簡易和準確。常規的藻膠其混合時間是一分鐘，快凝固藻膠則爲45秒，使用一般的塑膠碗和具彈性的調刀就可以將藻膠調拌均勻，至於機械式的調拌機有助於縮短調拌時間和增加均勻程度。



3.物理性質(Physical Properties)



a.工作時間(Working Time)：美國牙醫協會第18號規範規定藻膠印模材料的工作時間不能短於1.25分鐘，目前市售的材料，屬於快凝固之材料其工作時間約爲1.25~2.0分鐘，常規或一般性的藻膠材料大約在3分鐘，而美國牙醫協會則要求不能短於2分鐘。因此，以快凝固性藻膠材料而言，調拌時間爲45秒，剩餘有30~75秒的工作時間待材料進入凝固反應。對常規性的材料而言，有60秒的調拌時間，剩餘2至3.5分鐘的工作時間，在到達3.5分鐘材料才會正式凝固。



b.凝固時間(Setting Time)：美國牙醫協會規定屬於快凝固性藻膠印模材料其凝固時間不能短於1分鐘或超過2分鐘，常規性材料則不能短於2分鐘或超過4.5分鐘。凝固時間的延長可藉著降低水溫或減少粉與水的比例而達成但是減少粉末的調拌將影響藻膠的強度和精確性，因此建議因應需要可選擇不同凝固速率的材料為優先，儘量避免改變粉水的比例。水溫方面，由於藻膠的凝固過程為一典型的化學反應，所以溫度上昇攝氏10度，化學反應速率將約加速一倍，然而，在實際操作過程中建議水溫應在攝氏18~24度之間，同時為求材料有足夠的抗撕裂強度和抵抗永久性變形的能力，建議應確實紀錄凝固時間讓材料能達到較佳的凝固效果，以表現最佳的性質。



c.永久性變形(Permanent Deformation)：美國牙醫協會規定當藻膠印模材料在承受10%的壓縮30秒鐘後，所發生之永久性變形低於3%，一般性的藻膠材料大約在1.8%左右，此項測試乃表示藻膠印模材料在通過倒凹部位，進行取模時可能發生的變形和誤差。同時，此項變形與受力的時間長短與速率有關，所以臨床使用時應注意在材料已經凝固時，從患者口腔取出時，應以快速取下的方式減低受壓力的時間且增加速率，以降低永久變形的量。



d.尺度穩定性(Dimensional Stability)：藻膠印模材料在凝固後應當儘快進行灌模處理，如果任意暴露在大氣中將會出現藻膠內含的水份蒸發和尺度收縮改變的現象，一般而言，置於在工作桌上超過30分鐘，此時的印模材料將會發生嚴重的變形，不準確的程度足以需要重新印模，目前建議能暫時保存的環境條件是儲放在相對濕度為100%的容器，部份廠牌的印模材料在此容器環境內可保持穩定性達2小時，但是有部份的印模材料則照樣產生明顯的變形，見圖13—12所示。



4.機械性質(Mechanical Properties)

a.彈性(Flexibility)：美國牙醫協會規定在每平方厘米作用1000克的應力，藻膠材料應有10至20%的彈性，一般的藻膠材料均具有較此數值大的彈性，約在14%左右，然而，部份的硬凝固(Hard-Set)材料則祇有5至8%的彈性，此項彈性與印模材料在取下時的難易程度有密切關係。



b.強度(Strength)：美國牙醫協會規定抗壓強度最少為每平方厘米3,500克，而一般典型材料的強度均在每平方厘米5,000至8,000克之間，抗撕裂強度則在每厘米 350至600克之間，此項性質對印模材料而言，較之抗壓強度更為重要，特別對較薄的印模部份，在印模完畢從口腔內取出時，如果能注意速度的增加，將可增加材料的強度而降低撕斷或破裂的情況出現。



5.與石膏的相容性(Compatibility with Gypsum)

在印模完畢進行灌模之前，要注意檢視印模材料表面是否存留唾液，食物殘渣甚至血液，應以流動的水小心沖洗乾淨，在保持濕潤的情況下進行石膏灌模。正確選擇藻膠最佳配合的石膏類材料灌模將有助於獲得高品質的石膏模型，相容性良好藻膠石膏組合可以將0.025毫米的溝槽完整地複製聚現出來。經若干小時凝固後的石膏材料應該不會與藻膠印模材料有緊密的接觸，且十分容易剝離，不然將造成模型表面品質的破壞。



6. 消毒處理(Disinfection)

對於消毒方面最重要的目標是對某些嚴重影響健康的病毒和細菌作消毒處理，例如：B型肝炎、後天免疫機能不全和 疹等病毒，因此這些病毒均會自印模材料進入 石膏模型而擴散至技工人員，造成污染和疾病的傳染。目前在消毒處理方面乃以化學藥劑較為方便常用，1%次氯酸鈉或2%加強式戊二醛溶液經適當時間的浸泡可獲得消毒效果，然而，在考慮浸泡後對印模的精確性方面，確實有統計上明聚差異，可是在臨床應用上只有0.1%的差異改變，而表面品質並無明聚下降，因此仍可被接受使用，建議遵照廠商推薦的方：e和時間作處理，可獲得基本的消毒效果但不損害印模的精確度。



7. 藻膠瓊膠組合印模(Alginate Agar Combination Impression)

此項利用兩種不同印模材料的各自優點配合印模法有下列的好處：

- (1)、簡化原瓊膠系統所需的設備配合:
- (2)、免除水冷卻印模托的使用:
- (3)、步驟簡化:
- (4)、獲得瓊膠印模的效果;(5)、降低成本。



在操作上，先將瓊膠注射管材料煮沸6分鐘，並保存在攝氏65度水浴中最少10分鐘備用。使用常規性的藻膠印模材料但以額外添加10%的水份進行調拌並置放在印模托上，此時將保溫的瓊膠材料按需要擠在口腔組織或牙齒的表面，然後將盛有藻膠材 料的印模托覆蓋在瓊膠材料上，持穩靜待兩種材料結合和凝固，藻膠的凝固時間為3分鐘，瓊膠利用藻膠自身的低溫而獲得降溫凝結固化，全部凝固時間約4分鐘，印模取出後，檢視結果將可發現印模表面乃以瓊膠為主而底部為藻膠材料，沖洗潔淨後便可依一般程序進行灌模。此種組合方式的印模法要注意是藻膠與瓊膠二者的鍵結強度，一般的抗拉強度在每平方厘米600至工,100克，建議遵照廠商推薦之藻膠與瓊膠組合，將可獲得較佳的印模效果。



三、橡膠印模材料(Rubber Impression Materials)



1. 聚硫化橡膠印模材料(Polysulfide Rubber Impression Material)

a. 成分(Composition)：聚硫化橡膠印模材料一般是以管狀包裝的糊劑材料，可分為基底糊劑(Base Paste)和加速糊劑或催化糊劑(Accelerator or Catalyst Paste):二者之典型組成，見表13-9所列。聚硫化聚合物其分子量約在2,000-4,000之間，其特色為其一端具有硫醇類組(Mercaptan Groups, -SH)，圖13-13所示。硫醇類組由於加速劑的作用，起氧化反應而引起鏈延伸的發生和交聯結合現象而結合成為大分子的聚合物，其反應的結構式簡圖，見圖13-14所示。



以上的聚合反應乃一縮合式反應(Condensation Reaction)，經適量比例混合後將凝結成橡膠材料。整個反應屬於輕度放熱反應(Exothermal Reaction)引起的溫度變化約為攝氏3至4度，雖然生成物約在10分鐘左右便形成有足夠彈性和強度的橡膠，然而，聚合反應仍繼續進行至若干小時以後，因此為避免變形的發生，石膏灌模的操作應儘快進行。



二氧化鈦等物質的添加乃扮演充填劑的角色，粒度大約在0.3微米左右，由於加入填料物質的量不同，造成基底糊劑有不同的稠度，因此有低稠度(Light-Body)常規稠度(Regular-Body)和高稠度(Heavy-Body)三種不同流動性質材料之分類。除了影響黏稠度之外，二氧化鈦等填料量的多寡對聚合後的硫化橡膠的強度，彈性等機械性質有明聚之影響。



在加速糊劑內主要是氧化劑為主，常用的是二氧化鉛，其它氧化鎂，氧化銅甚至有有機的過氧化物都曾用於配製聚硫化橡膠印模材，其主要作用是與硫醇組(Thiol Groups)反應引起交聯效果，聚合成橡膠，鄰-苯二甲酸二丁酯(Dibutyl Phthalate)乃一種增塑劑(Plasticizer)可使二氧化鉛，硫磺和其它物質一併成爲糊劑，有較佳的流動性，硫磺是凝結反應作用參與的成分之一，由於此種印模材料有嚴重的硫磺味道，且由於含二氧化鉛，所以材料在調拌後將出現褐色的外觀和硫磺刺激氣味，因此往往添加一些除臭劑，以迎合患者的需求，減低刺激性和硫磺的惡臭味，硬脂酸鹽的添加，屬於延緩劑，以控制凝固的速率。



b.性質(Properties)：聚硫化橡膠印模材料其凝固特色與前述藻膠類不同。當材料在進行調拌開始便有化學作用的發生，此時混合的材料其黏稠度將漸漸增加，凝固時間約爲10分鐘或更久的時間，此時材料將呈現較良好的彈性性質。在機械性能方面，聚硫化橡膠材料所含的填料量乃一重要影響因素，特別是對黏稠度、凝固收縮現象、熱變化和尺度穩定度的變化，見表13-10所列。從上表可知，高稠度乃由於含填料量較高而聚硫化橡膠基質相對減少，所以在穩定度和精確性均較佳，但是由於黏度高，流動性差，所以記錄細緻的能力較低稠度材料爲差。



聚硫化橡膠印模材料是各項彈性印模材料中抗撕裂強度最佳之一種，此類印模材料一般能承受約700%的拉張應變而不易撕裂，在彈性恢復方面，聚硫化橡膠材料較之其它彈性體稍差，約98%。由於其聚合作用之化學反應，在初期凝結後將持續進行，因此，在印模完畢自患者口內取出印模材料仍然會有流動性(Flow)的發生，平均值約爲0.5%，而此流動性的大小將視材料自身的稠度而有所不同，其中低稠度材料比高稠度材料高，分別爲0.9%和0.3%，在彈性度(Flexibilities)方面，低稠度材料最佳約10%，常規稠度則爲7%，高稠度祇有5%，在彈性體方面，聚硫化橡膠具有較佳的彈性和抗撕裂強度，因此在印取倒凹較大和齒齦下較深的部位時，祇要能把握足夠的凝固時間和快速(Snap)地把印模自口腔內取下減低材料受力的時間，將可以獲得臨床所需的精確印模效果。



c.操作(Manipulation)：聚硫化橡膠材料一般常以管裝包裝，依廠商的指示擠出同一長度的基底和催化劑材料於調紙上，由於二者的顏色有明聚的不同，催化劑多呈黑褐色，而基底劑爲白色，在調拌至不出現黑絲紋的均勻情況後便可以進行印模處理，混合時間約爲45至60秒，工作時間約在5至7分鐘，工作時間和凝固時間將因環境之溫度與濕度影響而有所改變，而不同稠度的材料其凝結時間也有異，低稠度材料仍在7至10分鐘左右，其餘稠度材料則在6至8分鐘之間与其它彈性體比較之下，聚硫化橡膠印模材料需較長時間才達到凝固結果，同時由於聚硫化橡膠印模材料其聚合作用是屬於縮合反應，有副產物：水的產生，因此在凝固後，水分子會慢慢從材料內部向外揮發喪失，結果將造成印模材料的收縮量增加和尺度的明聚變化，24小時的變化量約在0.40-0.45%左右，除了縮合性矽膠(Condensation Silicone)材料外，聚硫化橡膠印模材料的尺度變化是十分明聚的。



在應用上，聚硫化橡膠印模材料一般可作爲牙冠牙橋製的印模用，但是由於較精確的矽膠和聚乙醚橡膠材料的普遍使用，目前臨床上是先製作個別印模托進行全口義齒和局部義齒製作的精確印模爲主，特別是口腔粘膜在動態時的外形記錄可利用材料的較長凝固時間而獲得較充裕的操作時機，印取精確的模型。爲求保持準確性，聚硫化橡膠材料在印模後，應儘快進行石膏灌模處理，時間以在一小時內進行最佳，在臨床印模時要注意先保護患者的衣著，避免染污，一旦材料沾在衣物上將造成永久性的污染，同時，如果能預先在口腔周圍塗抹一層凡士林之類的潤滑劑，特別是束鬚子的患者更要事先注意保護，以免過多外溢的聚硫化橡膠材料沾黏在鬚子上增加清理的困擾。聚硫化橡膠印模材料一般可以進行電鍍處理(Electroplating)以製作金屬的單齒模(Die)，但是，此項操作應事先細閱說明書上所標示適合電鍍處理的種類，部份材料祇適合鍍銀處理，有部份則祇能使用鍍銅處理以製作金屬單齒模。



d.優缺點(Advantages and Disadvantages)：聚硫化橡膠印模材料具有比其它彈性體較長的工作時間，良好的抗撕裂強度，凝固前的良好流動性，高度的彈性有利於印模從倒凹部位的取出和價格較便宜等優點。在缺點方面包括了必需預先製作個別印模托以增加材料的均勻厚度獲得較平均的彈性恢復以降變形量；初期流動性較高，加上硫化物的異味，容易引起患者嘔吐或誤吞食材料，成分中含氧化鉛材料易造成衣物的染污和可能潛在有生物相容性的問題等，造成此類材料漸被其它橡膠印模材料所取代。



2.縮合式矽膠印模材料(Condensation Silicone Rubber Impression Materials)



a.成分(Composition)：縮合式矽膠印模材料一般也是以管裝包裝的基底糊劑材料和糊劑或液劑的催化劑配方為主。基底糊劑材料主要是含有氫氧根(-OH)末端結構之高分子聚二甲基環氧矽氮烷(Polydimethyl Siloxane)，如圖13-15所示，和以矽土(Silica)為主要成分的填料。根據美國牙醫協會第19號規範，彈性體印模基底材料根據其稠度的高低可分為四大類，此項稠度的不同或變化主要受填料的含量多少而影響，填料一般的粒度大小約在5至10微米範圍之間，且填料粒子的表面均經過處理以期達到和矽膠基質的黏著，發揮增加強度和稠度的效果。其中最高稠度的材料常稱之為塑土(Putty)，稠度依次遞低的是高稠度，中或常規稠度和低稠度，塑土材料由於稠度太高所以往往是以罐或瓶裝而非管或筒的包裝，使用時，塑土多是以黏土狀的基底和催化劑材料等量相揉和均勻，利用印模托先印取一粗模，或製成一如同個人印模托(Individual Tray)的狀況，再利用稠度較低的材料進行精確性的印模。



在催化劑的部份其組成主要有矽酸四乙酯(Tetraethyl Silicate)等的矽酸烷(Alkyl Silicate)類交聯劑(Cross-Linking Agent)，和金屬有機酯類(Metal Organic Ester)，例如Stannous Octoate或Dibutyl Tin Dilaurate等的加速劑(Accelerator)；有關矽酸烷交聯劑和加速劑的分子結構式見圖13-16所示。當基底材料和含加速劑的催化劑材料經均勻調拌混合後，含金屬有機酯類的Stannous Octoate將促進交聯劑：矽酸烷類與二甲基環氧矽氮烷進行縮合聚合反應，形成三度空間網狀結構的矽膠材料，其反應方程式見圖13-17，其中每一分子之交聯劑可與四個未聚合的環氧矽氮烷基結合形成大分子聚體，同時產生一分子具揮發性的副產物：乙醇(Alcohol)；因此，材料在凝固反應過程中將出現明聚的收縮現象。除以上的主要成分外，材料商在配製材料時為求讓牙醫師在混合時更容易辨認其中的均勻程度，所以在基底材料和催化劑二者之間分別加入不同的有機色料(Organic Dyes)，從顏色的均勻程度可提供明聚的材料混合均勻指示。



b.性質(Properties)：縮合式矽膠材料其凝固特性與聚硫化橡膠材料甚相似，凝固時間一般而言則較短且彈性也較早表現出來，低稠度材料的凝固時間為6至8分鐘，而稠度最高的塑土則為3至6分鐘，工作時間約為2至4分鐘。在機械性質方面，縮合式矽膠材料其抗撕裂強度雖然較聚硫化橡膠材料為差，祇有300%的拉張極限(聚硫化橡膠材料為700%)，但仍足夠於臨床印模使用，而且，矽膠所具有的彈性性能表現是幾乎完成的彈性恢復效果，平均值為99.5%。其它的特性如聚硫化橡膠材料一般受填料的含量多少而直接產生影響，其中互相關係可參考表13-10，縮合式矽膠材料和聚硫化橡膠材料十分相似。



縮合式矽膠材料其凝固後出現的流動性十分低，一般都在0.1%或以下，此表示當材料在輕度壓力且短時間作用下其變形是將十分微小，在硬度方面，縮合式矽膠材料較之聚硫化橡膠材料為硬。在彈性度(Flexibility)方面，矽膠為5%(聚硫化橡膠為7%)。在尺度變化方面，由於凝固過程是緩慢繼續進行，聚合反應中生成的副產物又不斷地揮發消失，二者所合併形成的凝固收縮結果將產生明聚的尺度變化，在低稠度縮合式矽膠材料而言，其凝固時所發生尺度改變的量是較聚硫化橡膠材料為大，24小時變化約為-0.60%，但是塑土的尺度變化量則約在0.38%，雖然縮合式矽膠材料較之其它彈性體的尺度變化性與收縮量較大，然而，仍較之藻膠印模材料為穩定和精確，為保持最理想和精確的印模效果，儘早進行灌模操作是必須注意和有效的措施。



c.操作(Manipulation)：縮合式矽膠印模材料其操作方式與聚硫化橡膠印模材料在糊劑配方上是相同的，然而，由於矽膠有更高稠度的塑土配方和有使用液劑的催化劑，所以在調拌時便有所不同，但是均勻的混合仍是獲得理想凝固性質的基本條件之一，因此，使用時應遵從廠商的指示作正確的混合調拌，在口腔的環境內，平均的工作時間為2分30秒，凝固時間約在8分鐘以內。在應用上，縮合式矽膠印模材料一般作為牙冠牙橋的精確性印模為主，在操作上因不同的技術可採用單一糊劑的技術或是塑土與低稠度材料組成的精確印模技術，見圖13—18所示。由於縮合式矽膠印模材料是一疏水性(Hydrophobic)材料，因此在進行印模時要注意口腔組織表面要儘可能保持乾燥和不能有滲血現象，否則將造成嚴重的缺陷和降低精確性。



d.優缺點(Advantages and Disadvantages)：由於縮合式矽膠印模材料有更高稠度的塑土配方，因此在印模時配合低稠度的高流動性材料作細緻部位的印模將可提高印模的精確性和穩定性，在味道與顏色方面。矽膠較聚硫化橡膠為佳，同時，高度的彈性恢復與較短的凝固時間，操作上較方便。另外，縮合反應和副產物揮發所引起的收縮現象，影響材料的精確性，同時由於疏水性的特色，所以必須保持印模區域的高度乾燥才可以獲得較完整精確的印模結果。



3. 加成式矽膠印模材料(Addition Silicone Rubber Impression Materials)

a.成分(Composition)：加成式矽膠印模材料在包裝和配方方面與縮合式十分相似，其中包含基底和催化劑材料。基底材料方面主要為含乙烯基(Vinyl)末端結構的高分子環氧矽烷(Siloxane)含氫基的矽烷(Silane)的混合體，催化劑則以氯鉑酸(Chloroplatinic Acid)為主，部份糊劑形態材料則伴有分子量較小的環氧矽烷一併存在。其反應的分子結構簡式，見圖13—19所示。同樣地，根據美國牙醫協會第19號規範，由於基底材料和含環氧矽烷的催化劑均含如縮合式矽膠相同粒度和矽土成分的填料粒子，因此，由於填料的含量不同而分為塑土等不同稠度的四類材料。當基底材料和催化劑混合均勻後，加成式聚合作用將陸續發生，如圖13—19所示。



理論上，加成式反應是一項離子式聚合作用(Ionic Polymerization)，所以將不產生副產物，但是部份的市售加成式矽膠材料，由於其中含氫根較多的矽烷(Silane)的聚合物成分較乙炔基環氧矽烷為多，或是乙烯基成分中出現氫氧根(Hydroxyl Group)，則在氯鉑酸作用下將會出現氫氣(Hydrogen Gas)的副產物，此時如果廠商在材料中添加鋁或鉑金屬將可吸附氫氣，降低氫氣發生所可能造成的影響。



同樣地，為求可提供較精確和混合均勻性的指示，廠商多在基底材料與催化劑內添加一些有機色料，藉著強烈的色澤對比可以檢視混合的均勻程度。矽膠印模材料乃一典型疏水性物質，為改善印模時的濕潤程度(Wettability)，減低材料與口腔組織，牙齒表面所形成的接觸角度，往往在矽膠成分中添加一些表面活性劑(Surfactant)而造成矽膠在凝固後表面具有較親水性(Hydrophilic)，但此種親水性的處理將妨礙以電鍍處理技術進行金屬單齒模(Metallic Die)製作。



b.性質(Properties)：加成式矽膠印模材料其基本特性與縮合式矽膠材料十分相似，但是凝固時間則較短，塑土約在3至5分鐘，而其它稠度材料則在4至6分鐘，工作時間約在2至4分鐘之內。在機械性質方面，與縮合式矽膠一樣甚至稍高的抗撕裂強度，聚硫化橡膠材料其抗撕裂強度約在每厘米3至7仟克，縮合式矽膠約在每厘米2.3至2.6仟克，而加成式矽膠材料則在每厘米2.3—4.5仟克範圍。其彈性恢復的能力是目前印模材料中最佳的一類，達99.8%，彈性度則為4%左右。加成式矽膠材料的流動性也是十分低，僅0.03%或以下，所以穩定性十分優良。由於加成式的聚合反應無任何明察的副產物形成，因此，尺度穩定性方面較之縮合式或聚硫化橡膠材料為佳。一般無論是塑土或是低稠度的材料在經加成式聚合作用後，24小時發生收縮的量大約在0.15%左右;因此，印模後可以延緩進行灌石膏模型灌注處理，特別是部份可能會發生氫氣的加成式矽膠印模材料，廠商更建議在印模後2小時才進行灌模，以便讓氫氣有足夠時間外逸不致影響模型的品質。



c.操作(Manipulation)：加成式矽膠印模材料其操作使用方式和縮合式矽膠材料完全相同，由於加成式矽膠具優異彈性恢復能力和十分低的尺度收縮改變現象，因此是既穩定且易於操作的印模材料。目前，廠商為簡化調拌步驟和節省材料而研究發展出一項鑰型的自動混合系統(Automatic Mixer)，見圖13-20所示。基底材料和催化劑分別裝在筒內，經擠壓同時流入一內有帶狀混合片的管內，經管內旋轉流動的方式而自行充份地混合，最後經尖端流出的是已混合均勻的矽膠印模材料，可立即進行印模應用，既方便又可減少在混合過程中氣泡陷入的機會，提昇印模的品質。在臨床應用上，加成式矽膠印模材料主要是用於牙冠牙橋印模。由於加成式矽膠材料其工作和凝結時間較之聚硫化橡膠和縮合式矽膠材料稍短，因此，應注意材料的流動性質和稠度，以便能讓材料與口腔組織保持一良好的濕潤現象，獲得精確的印模效果。



在操作混合矽膠材料時，特別是揉調塑土材料過程中，如果操作者有穿戴橡膠手套進行工作，此類手套成分中有硫化物存在，將會在混合時滲入矽膠材料內一併作用，同時將與氯鉑酸起反應，破壞了氯鉑酸催化加成聚合反應的能力，而延緩甚至抑制整個聚合作用的發生。為避免發生以上的現象，一是在調和材料之前先以清潔劑洗淨手套，二是改穿戴乙烯基成分的手套工作。此外，如同前述需注意的是廠商的指示，如果產品不含如鉍等金屬類的氫氣吸附劑，則在印模完畢可靜置於室內約1至2小時，待氫氣釋放後再進行灌模處理。



d.優缺點(Advantages and Disadvantages)：加成式矽膠材料在凝結後具有高度的精確性和尺度穩定性。受壓縮變形後，其恢復的能力甚為優異。材料對衣物的染色程度低，顏色和味道均為患者所接受，同時印模過程較為簡便和迅速。其缺點是彈性度和硬度較縮合式矽膠材料為差，不易自較大的凹凹部位拔離。抗撕裂的程度較聚硫化橡膠為低，對於齒齦下印模要注意檢視是否有斷裂的情況發生。有氫氣的副產物發生時應延後1至2小時才進行灌模處理，避免齒模表面受氣泡侵蝕。



4. 聚乙醚橡膠印模材料(Polyether Rubber Impression Materials)

a.成分(Composition)：聚乙醚橡膠印模材料一般是以糊劑配方最為常見。基底糊劑主要是低分子量且結構上含乙炔亞胺基(Ethylene-Imine Group)末端的聚乙醚，有關乙炔亞胺末端的結構式見圖13-21所示，其中的環狀結構稱為氮丙啶環(Aziridine Ring)。



除了含乙炔亞胺環的聚合體外，添加了以膠質矽土(Colloidal Silica)和一些增塑劑(Plasticizer)，例如：乙醚乙二醇酯 酸酯(Glycoester Phthalate)。催化糊劑部份主要為芳香族的磺酸酯(Aromatic Sulfonic Acid Ester)類，例如：2,5Di-chlorobenzene Sulfonate，其主要是扮演交聯劑的功能，除此以外是加入一些礦物油類和填料使成為糊劑狀材料方便調拌使用。磺酸酯的分子結構式見圖13-22所示。當基底糊劑材料與催化糊劑進行混合後，將發生一聯串的陽離子式聚合反應(Cationic Polymerization)，分子鏈的加長主要是聚乙醚分子上的乙炔亞胺基的開環作用，因此，又稱為開環聚合作用(Ring Opening Polymerization)，反應方程式見圖13-23所示。整個反應過程屬於加成式反應，無副產物的生成，同時由於每分子之未聚合的聚乙醚都具有兩個乙炔亞胺基，因此，可以發生交聯作用，此時材料的黏稠度將不斷上昇，材料的彈性也同樣地增加。聚乙醚材料基本上是以糊劑配方為常見，催化劑可是液劑或糊劑，塑土形態的高稠度材料不常見。



b.性質(Properties)：聚乙醚橡膠印模材料與加成式矽膠的性質十分相似。在工作時間方面則僅為2分鐘，而凝固時間約為4.5分鐘，是彈性體方面反應最速的材料在機械性能方面，彈性恢復平均值為98.5%，居於聚硫化橡膠和矽膠之間，在流動性方面卻祇有0.03%，是彈性體中流動性最低的一種印模材料，所以相對精確也高。彈性度方面也是最低的材料，祇有3%，此種流動性低，彈性度低的特性使聚乙醚橡膠印模材料在印取模型或灌石膏模型後較難分開或剝離，同時，聚乙醚印模材料的抗撕裂強度是各類橡膠材料較低的一種。為改善聚乙醚材料的彈性度，目前多採用調薄劑(Thinner)與材料同時互相調和，一方面可延長工作時間至4分鐘，同時彈性度也增加至6%，其它的性能都不受影響。



在尺度穩定性方面，在低相對濕度或較乾燥的環境中，聚乙醚材料有較佳的尺度穩定性，主要是聚乙醚在聚合作用時乃採加成式而無副產物的反應結果。然而，聚乙醚橡膠印模材料是一種親水性材料，在高濕度或含水的環境中將吸附水分而造成印模材料的腫脹和變形。一般在24小時後尺度的改變約為0.19至0.24%在凝固作用過程中，聚乙醚材料的聚合反應是一項放熱反應，溫度的上昇約在攝氏4度左右。



c. 操作(Manipulation)：聚乙醚橡膠印模材料其操作方式與聚硫化橡膠和矽膠印模材料相似。特別是此類材料主要糊劑配方包裝，按廠商指示擠出等長的材料後，充分地混合(時間約30至45秒)，由於工作時間較短，所以在臨床應用時，於多顆支台牙齒或製作較長甚至全顎牙橋時，聚乙醚橡膠印模材料將不宜使用，其原因是凝固速度較快，黏稠度上昇較速，流動性在未完全注射披覆在支台牙表面時已經過高不宜繼續使用，造成印模的不完全或出現明聚的缺陷。在製作模型方面，聚乙醚材料可進行鍍銅或鍍銀方式製作單齒模;由於材料為親水性，使用石膏材料灌模將可保持印模的精確性和與石膏材料有較佳的濕潤性;。



d. 優缺點(Advantages and Disadvantages)：聚乙醚橡膠印模材料在操作混合糊劑成分方面均十分容易，且具親水性的特性，印模時可獲得較佳的精確度。由於材料的成本較高，較短的工作時間和較硬的材質，使用於鬆動的齒列，例如：牙周病侵犯的牙齒，或全顎支台牙的印模將不易控制，另外，由於催化劑乃一種磺酸酯，患者在印模完畢，常投訴有一辛辣苦味的感受。



5. 消毒處理(Disinfection)

彈性體印模材料可以使用一些需浸泡或處理時間較短的殺菌溶液進行消毒處理，部份需浸泡較長時間的消毒液對於某些橡膠材料，特別是聚乙醚橡膠印模材料，如果浸泡時間超過10分鐘，由於吸水的特性關係，將造成材料吸水膨脹，並且破壞繼後灌製石膏模型的表面品質手工精確度，所以選用消毒方法或消毒液應注意對材料的相容性和正確使用步驟，目前消毒液以2%戊二醛溶液較為廣泛使用。