

آی لار افشاری

مریم مصطفوی



پوریا منصوری

امیر رضا محمدی یکتا

علی صادقی

V1

۶

دکتر باقری

## مواد دندان‌ی

### آمالگام

اول از همه این نکته رو برای خوندن این جزوه در نظر داشته باشید که جزوه بر اساس توضیحاتی که استاد دادند، متن پاورپوینت و جزوه ی ورودی ۹۶ نوشته شده؛ قسمت های مشکی طبق توضیحات استاد و پاورپوینت گذاشته شده در سامانه نوید و قسمت هایی که آبی رنگ و به *italic* هست مربوط به جزوه ورودی ۹۶ هست؛ موفق باشید 😊.

مادهای که امروز می‌خواهیم راجع به آن صحبت کنیم، آمالگام است. آمالگام دندان‌ی (dental amalgam)، یک آلیاژ است. آمالگام، به دلیل وجود جیوه در آن، نقره‌ای رنگ و تیره است. با گذشت زمان از پُرکردگی، آمالگام بسیار dark و grumpy می‌شود.



آمالگام مقداری از حفره ها بیرون زده و بسیار بد ریخت شده است. همچنین بین structure دندان و آمالگام، gap وجود دارد. این پدیده ها به علت خاصیت خود آمالگام اتفاق می افتد و ربطی به نحوه ی کار دندانپزشک ندارد. در آمالگام، پس از مدتی، marginal breakdown و creep دیده می‌شود.

### ترکیبات آلیاژ آمالگام

آلیاژ آمالگام ترکیبی از فلزات است که با mercury یا همان جیوه ی مایع، ترکیب شده است. solid particle های آلیاژ آمالگام، نقره (silver)، قلع (tin) و مس (copper) است.

عناصر فلزی کم اهمیت تر که بسته به نوع آمالگام و شرکت تولید کننده در آلیاژ آمالگام حضور دارند، شامل موارد زیر است: طلا (gold)، ایندیوم (indium)، پالادیوم (palladium)، پلاتینیوم (platinum)، سلنیوم (selenium) و زینک (zinc).

آمالگام دندانپزشکی، خاصیت پلاستیسیته (plasticity) دارد. این خاصیت به ما اجازه می‌دهد تا آن را در دندان pack یا condense کنیم. همچنین این خاصیت به ما اجازه می‌دهد تا زمانی که آمالگام سفت نشده است، شکل آناتومیک دندان (cusp ها، شیار ها و groove ها) را به وسیله ی carve کردن در آن، در بیاوریم. آمالگام به مرور زمان، بسته به نوع آن، سفت می‌شود؛ این مدت برای برخی ۴ دقیقه و برای برخی بیشتر طول می‌کشد.

### Amalgam application

۱. اغلب آمالگام به عنوان یک ماده‌ی direct restorative، در پُرکردگی دندان های posterior، به کار می‌رود.

یادآوری: direct به معنای آن است که مواد در خود کلینیک ادغام می شوند و نیاز به لابراتوار نیست.

۲. همچنین آمالگام معمولاً در دندان هایی استفاده می شود که structure زیادی را از دست داده اند. وقتی یک حفره ی کوچک در سطح occlusal و یا سطح buccal دندان وجود دارد، هیچوقت از آمالگام استفاده نمی شود.

۳. آمالگام همچنین به عنوان core build up، زیر تاج (crown) استفاده می شود. core build up یعنی وقتی  $\frac{2}{3}$  ساختمان دندان از بین رفته است (منظور  $\frac{2}{3}$  بالایی دندان، یعنی cusp ها و دیواره های buccal، lingual و proximal است؛ قسمت نزدیک به لثه وجود دارد). در این هنگام باید یک core ساخته شود. این core می تواند تحت عنوان post core باشد؛ یعنی بعد از درمان root canal، یک post core ریختگی برای بیمار کار می شود (در مباحث پروتز آموزش داده می شود). همچنین می توان با ماده ی پُر کردگی و پین از پیش ساخته، یک core build up ساخت؛ در واقع structure دندان با یک ماده ی پُر کردگی، بازسازی می شود و سپس برای اینکه به آن استحکام بخشیده شود و نشکند (چون استحکام کمی دارد)، بعداً روی آن روکش گذاشته می شود. پس آمالگام برای core build up در زیر روکش استحکام خوبی دارد و استفاده می شود.

■ به کار بردن آمالگام برای کودکان، کار اشتباهی است؛ زیرا به علت وجود جیوه در ترکیب آن، سمی است و بدن کودک بسیار به آن حساس است. درضمن گاهی به علت عدم همکاری کودک، امکان قورت دادن آن وجود دارد. علاوه براین، از آن جایی که فشار mastication در کودکان چندان قوی نیست، احتیاجی به استفاده از ماده ای با استحکام بالا نیست.

## مزیت های آمالگام

۱. استفاده از آمالگام به مهارت زیادی احتیاج ندارد؛ به راحتی بعد از میکس کردن، portion ها برداشته و در حفره قرار داده می شود.
۲. وابسته به تکنیک نیست (not technique sensitive)؛ یعنی مانند کامپوزیت نیست که مدت زمان light cure تأثیر زیادی روی آن داشته باشد.
- *technique sensitive یعنی در حین استفاده از ماده، اگر در هر یک از مراحل کوچکترین اشتباهی رخ دهد، کار failure می دهد.*
۳. می توان به خوبی شکل آناتومیکی بر روی آن درآورده شود (maintain anatomical form)؛ در حالی که در مواد filling زیبایی، نمی توان carve کرد و بعداً باید با فرز و وسایل polishing این کار را انجام داد.
۴. مقاومت آن نسبت به fracture نسبتاً بالا است (reasonably adequate resistance to fracture).
۵. در آمالگام، marginal leakage وجود ندارد (prevent marginal leakage). قابل توجه است که در آمالگام، down marginal break وجود دارد و marginal leakage وجود ندارد؛ در آینده تفاوت های marginal leakage و marginal breakdown گفته می شود.
۶. در ناحیه هایی که تحت فشار اکلوژالی (occlusal) هستند، قابل استفاده است (use in stress bearing area).
۷. مدت زمانی که در دهان باقی می ماند، نسبتاً طولانی است (long service life).

## مشکلات آمالگام

۱. به دلیل وجود جیوه در آن و رنگ تیره خود، زیبایی ندارد؛ بنابراین برای دندان های جلو و premolar استفاده نمی شود.
۲. آمالگام دو عیب منحصر به فرد دارد: الف) پدیده ی corrosion: از دست دادن عناصر فلزی ماده، ب) پدیده ی galvanic: برق گرفتگی.
۳. در هنگام استفاده از آمالگام، در نواحی marginal دندان ها، حالت شکست یا ترک به وجود می آید (marginal breakdown).
۴. آمالگام به تقویت ساختار باقی مانده از دندان کمک نمی کند. به عنوان مثال فرض کنید که می خواهید پوسیدگی dentin دندانی را بردارید و dentin کاملاً از بین برود و enamel نازک بشود. در اینجا اگر از آمالگام استفاده کنید، چون آمالگام نمی تواند به جای dentin، enamel را ساپورت کند،

پس شما مجبور به برداشت کامل enamel می‌شوید. پس یکی از disadvantage های مهم آمالگام این است که conservative عمل نمی‌کند. برای آن که بتوان آمالگام را در حفره ی پوسیدگی قرار داد، مجبور هستیم که structure زیادی از دندان را برداریم که این خود باعث فدا شدن ساختمان دندان می‌شود.

۵. مسئله‌ی بعدی سمیت آمالگام، به دلیل وجود جیوه، است.

### کلیات آمالگام

قبل از ارائه ی آمالگام توسط GV black، از پودر کردن دندان کشیده شده‌ی انسان ها، عاج فیل، سنگ ریزه، طلا و یا آکريل برای پُر کردن حفره استفاده می‌کردند. از هنگام معرفی آمالگام، بیش از یک قرن می‌گذرد و در این زمان، آمالگام ماده ی بسیار موفق بوده است. همچنین آمالگام از لحاظ هزینه نیز مناسب است (cost effective).

امروزه مواد زیبایی زیادی به بازار آمده است که از میان آنها porcelain ها و restorative های ریختگی، مثلاً روکش PFM، روکش تمام سرامیک، مواد مخصوص پُرکردگی porcelain و پُرکردگی های کامپوزیت های posterior، رقیب‌های بزرگی برای آمالگام هستند. بیش از دو دهه است که آمالگام در کشورهای غربی کمرنگ شده است. علت اصلی این پدیده آن است که آمالگام conservative نیست و به هنگام استفاده از آن، مقدار زیادی از دندان تخریب می‌شود. تمام مسائل مربوط به آمالگام، مربوط به نوع تخریب است که چگونه باید تخریب کنیم که آمالگام بتواند به حفره متصل شود؛ چون گیر آمالگام، یک گیر مکانیکی است.

### در مواد دندانی چه چیز هایی را باید درباره ی آمالگام یاد بگیریم؟

۱. کامپوزیشن (composition) آمالگام : ترکیبات آمالگام، خواص آن ها و روش ترکیب آن ها

۲. مورفولوژی آمالگام

۳. تفاوت بین آمالگام low copper و high copper

۴. واکنش‌های شیمیایی آمالگام در زمان amalgamation یا trituration

۵. خواص مکانیکی و فیزیکی آمالگام

۶. به کار گیری (manipulation) و mixing آمالگام

۷. خواص بیولوژیکی جیوه: آیا جیوه biocompatible است یا خیر؟

### Composition & Morphology

ابتدا از ترکیبات آمالگام شروع می‌کنیم. یک آمالگام استاندارد باید نقره و قلع را داشته باشد، عنصر سوم (مس) می‌تواند در درصد های متفاوتی به کار رفته باشد. عنصر بعدی که بسیار کم در آمالگام به کار می‌رود، روی (zinc) است؛ به طوری که آلیاژی که بیشتر از ۰/۰۱٪ روی داشته باشد، به عنوان آمالگام حاوی روی (zinc containing amalgam) عرضه می‌شود و آلیاژی که کمتر از این میزان روی داشته باشد، آلیاژ فاقد روی (non-zinc alloy) نامیده می‌شود. اضافه کردن مقدار کمی روی، brittleness (شکنندگی) آمالگام را کم می‌کند.

آمالگام بر اساس میزان مس، به ۲ دسته تقسیم می‌شود:

۱. آلیاژ low copper: کمتر از ۵٪ مس دارند (درصد قلع یا نقره (گاهی جیوه) بیشتر است).

۲. آلیاژ high copper: بین ۱۳٪ تا ۳۰٪ مس دارند. آلیاژهای early strength, high copper بالا دارند؛ یعنی در یک ساعت اول، مقاومت خوبی از خود نشان می دهند. همچنین creep کم، مقاومت بالا به corrosion و marginal fracture دارند.

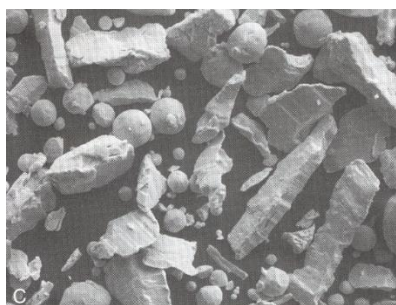
آمالگام بر اساس شکل ذرات عناصر فلزی، به ۳ دسته تقسیم می شود:

۱. Irregular (Lathe-Cut): طول ذرات حدود 60-120µm، عرض آن ها 10-70µm و ضخامت آن ها 10-35µm است.

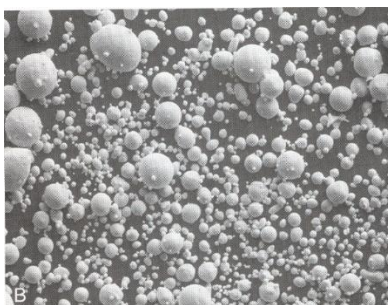
۲. Spherical (گرد): قطر آن ها 2-43µm است.

۳. Admixed: ذرات گرد و منظم، بین فضاهای غیر منظم تیغه ای particle ها قرار گرفته است و باعث می شود که مقدار بیشتری از ماده در یک حجم مشخص جا بشود.

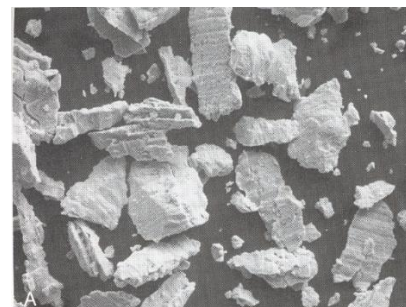
به طور کلی composition آلیاژ، سایز particle ها، شکل particle ها و نحوه ی پخش شدن particle ها، تعیین کننده ی خاصیت آمالگام است.



این شکل، نشان دهنده ی آمالگام admixed است.



این شکل، نشان دهنده ی آمالگام spherical است که ذرات گرد و منظم اما در اندازه های مختلف هستند.



این شکل، نشان دهنده ی آمالگام irregular است که ذرات کوچک و بزرگ به طور نامنظم پخش شده اند.

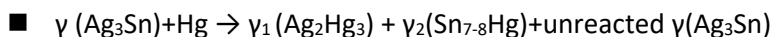
### پروسه ی Amalgamation (mixing)(trituration)

پروسه ی amalgamation زمانی است که آلیاژ آمالگام با جیوه مخلوط می شود. در گذشته، پودر آمالگام را در هاون با جیوه مخلوط می کردند. بعدها دستگاه های آمالگاماتور آمد که پودر آمالگام و جیوه را جدا می ریختند و دستگاه آن ها را مخلوط می کرد. امروزه اکثر آمالگام ها، به شکل کپسول هستند. وقتی ضامن کپسول را فعال می کنیم، در واقع داریم barrier بین پودر و مایع جیوه را می شکنیم. سپس آن را با توجه به مدت زمانی که کارخانه سازنده توصیه کرده است (با توجه به نوع آمالگام) و همچنین سرعت دستگاه، در دستگاه قرار می دهیم. Working time از زمانی که آمالگام را مخلوط می کنیم، تا زمانی که آمالگام سفت می شود و دیگر نمی توان روی آن کار کرد را شامل می شود؛ به عبارت دیگر از زمان پایان trituration تا hardening آمالگام، working time گفته می شود. هر چقدر زمان کار آمالگام بیشتر باشد، زمان بیشتری برای کار کردن بر روی آن وجود دارد، پس آمالگام بهتری است؛ اما نباید این زمان آنقدر زیاد باشد تا وقت دیگر بیماران را بگیرد.

اکنون به بررسی مرحله ی trituration در دو آمالگام low copper و high copper می پردازیم.

### مرحله ی trituration در آمالگام low copper

در فرمول زیر، فرمول آلیاژ، همان  $\gamma$  ( $\text{Ag}_3\text{Sn}$ ) است که هنگامی که با جیوه ترکیب می شود،  $\gamma_1$  ( $\text{Ag}_2\text{Hg}_3$ )،  $\gamma_2$  ( $\text{Sn}_{7-8}\text{Hg}$ ) و unreacted  $\gamma$  ( $\text{Ag}_3\text{Sn}$ ) تولید می شود. البته ما در ترکیب حاصل پودری نمی بینیم و اگر پودر مشاهده شود، نشان دهنده ی این است که خوب ترکیب نشده است؛ اما به هر حال در ترکیب حاصل مقداری  $\gamma$  وجود دارد.



در نهایت، در آمالگام low copper، درصد های زیر وجود دارد:

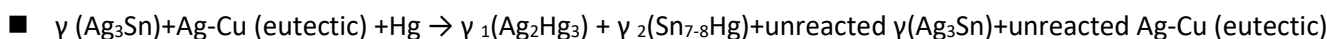
۱.  $\gamma_1$ : ۵۴-۵۶٪

۲.  $\gamma_2$ : ۱۱-۱۳٪

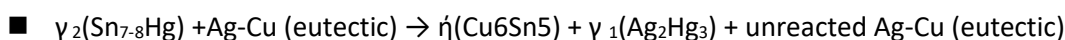
۳.  $\gamma$ : ۲۷-۳۵٪

### مرحله ی trituration در آمالگام high copper

واکنش اول (مرحله ی سریع): در آمالگام high copper،  $\gamma$  ( $\text{Ag}_3\text{Sn}$ )، Ag-Cu (eutectic) و Hg با هم ترکیب می شوند. حاصل این ترکیب،  $\gamma_1$  ( $\text{Ag}_2\text{Hg}_3$ )،  $\gamma_2$  ( $\text{Sn}_{7-8}\text{Hg}$ ) و unreacted Ag-Cu (eutectic) است.



واکنش دوم یا ثانویه (مرحله آرام): در این مرحله  $\gamma_2$  که به علت داشتن جیوه، یک فاز مضر برای amalgam می باشد، با فاز eutectic که copper دارد، ترکیب می شود و فاز  $\eta$  می دهد که در اینجا به جای این که قلع با جیوه ترکیب شود، قلع با مس مخلوط می شود و فاز  $\eta$  ایجاد می شود.



### چرا گفته می شود که آمالگام high copper بهتر است؟

به علت میزان جیوه ای است که هر آلیاژ فلزی می تواند جذب کند. اگر هنگام trituration، به میزان نفوذ یا انحلال پذیری جیوه در داخل ذرات آمالگام دقت کنیم، متوجه تفاوت در حلالیت copper، tin و silver می شویم. اگر در copper، یک میلی گرم جیوه حل شود، در نقره ۱۰ میلی گرم و در قلع ۱۷۰ میلی گرم حل می شود. نقره و قلع، بیشترین جیوه را جذب می کنند و کمترین جذب جیوه هم مربوط به copper است. اگر در ترکیبات آمالگام، ۵۰٪ جیوه و ۵۰٪ آلیاژ در نظر گرفته شود، فاز خوبی به دست نمی آید؛ پس کارخانه ها میزان آلیاژ را زیاد و میزان جیوه را کم می کنند. باید توجه داشت که امکان نسبت ۶۰٪ آلیاژ و ۴۰٪ جیوه وجود ندارد؛ زیرا در این صورت آمالگام به دست آمده، قابل manipulation نیست. برای باقی ماندن تمام خواص مفید آمالگام و از بین رفتن بعضی از خواص مضر آن، میزان جیوه را تا حداکثر ۴۲٪ یا ۴۳٪ کاهش می دهند و ۷٪ باقی مانده را به آلیاژ اختصاص می دهند.

■ **در آلیاژ های low copper، قلع تمایل زیادی برای ترکیب با جیوه دارد و با بالا رفتن میزان جیوه در ترکیب، میزان سمیت نیز بالا میرود. همچنین میزان wettability هم بالا می رود و آلیاژ رقیق می شود؛ در نتیجه strength آن پایین می آید و water absorption آن زیاد می شود. به همین دلیل تصمیم گرفتند که مس را به آلیاژ اضافه کنند و به آن high copper amalgam گویند که فاز  $\gamma_2$  که فاز سمی است، از زنجیره خارج شود.**

امروزه اکثر آمالگام های مورد استفاده از نوع high copper هستند و از نوع low copper بسیار کم استفاده می شود. خواص آمالگام های high copper و low copper کاملاً متفاوت است. اکثر آن ها، از نوع spherical و admixed هستند و استفاده از نوع irregular بسیار کم است. آلیاژ های irregular،

سطوح خشن و ناصافی دارند و به مقدار زیادی جیوه نیاز دارند. در صورت لزوم استفاده از irregular ها، از نوع admixed استفاده می شود که در آن نوع spherical و irregular با هم هستند. آلیاژهای spherical، سطوح صاف تر و منظم تری دارند و میزان جیوه ی مورد نیاز آن ها برای فرایند amalgamation، ۴۲٪ است. condensation، carving و نوع condenser مورد استفاده نیز در آن ها متفاوت است.

## کپسول

کپسول ها دارای کد های رنگی و حاوی مقادیر متفاوتی از آلیاژ هستند. میزان آلیاژ در کپسول کوچک ۴۰۰ میلی گرم (کپسول یک واحدی)، کپسول متوسط ۶۰۰ میلی گرم (کپسول دو واحدی)، کپسول تقریباً بزرگ ۸۰۰ میلی گرم (کپسول سه واحدی) و در کپسول بزرگ ۱۲۰۰ میلی گرم (کپسول پنج واحدی) است. کپسول چهار واحدی وجود ندارد. اگر مجبور شویم از کپسول پنج واحدی استفاده کنیم؛ یعنی اگر حفره به حدی بزرگ بود که به کپسول پنج واحدی نیاز داشت، معمولاً به علت آن که زمان زیادی برای pack کردن کپسول در داخل حفره نداریم و یا آن که ممکن است زمان setting زود فرا برسد، بهتر است که به جای آن، از دو و یا سه کپسول کوچک تر (مثلاً دو کپسول ۲ واحدی و یک کپسول ۱ واحدی) استفاده کرد.

## خواص آمالگام

۱. تغییرات ابعادی (dimensional change): اگر بعد از ۵ دقیقه تا ۲۴ ساعت، آمالگام تست شود، متوجه تغییرات ابعاد آن خواهیم شد. این پدیده یکی از خواص منحصر به فرد آمالگام است و معمولاً در طی سفت شدن آمالگام رخ می دهد. این پدیده در کامپوزیت، به شکلی که در آمالگام وجود دارد، دیده نمی شود. آمالگام در ۲۰ دقیقه اولیه، کاملاً جمع می شود (initial contraction) و خود را از دندان جدا می کند؛ سپس expansion رخ می دهد. معمولاً ۶ تا ۸ ساعت و نهایتاً تا ۲۴ ساعت، expansion نهایی به دست می آید. بیشترین میزان dimensional change، برای آمالگام low copper lathe-cut،  $19.7 \frac{\mu m}{cm}$  و برای آمالگام high copper admixed،  $1.9 \frac{\mu m}{cm}$  است. اگر یک ماده پس از قرار گیری در حفره تا زمان سفت شدن، دچار تغییر ابعاد زیادی شود، باعث ایجاد حالت بیرون زدگی از حفره و ایجاد gap بین ماده ی پُر کردگی و ساختار دندان می شود. dimensional change باعث ایجاد sensitivity در بعضی افراد مخصوصاً اگر پرکردگی های عمیق و وسیع داشته باشند، می شود و همچنین تا مدت طولانی سبب حساسیت نسبت به گرما و سرما می شود؛ زیرا آمالگام تنها با گیر مکانیکی به دندان متصل بوده و به ساختار دندان نچسبیده است. اگر negative dimensional change به وجود بیاید (contraction بیشتر)، یک gap بین آمالگام و ساختار دندان به وجود می آید. در نتیجه فلوئید یا مایع داخل پالپی، به سمت بیرون می رود و همین اختلاف فشار در داخل و خارج پالپال فلوئید، باعث حساسیت دندان می شود. آمالگام های high copper spherical، میزان leakage بیشتر و در نتیجه میزان حساسیت بیشتری دارند. میزان dimensional change در آمالگام های high copper admixed کمتر و در نتیجه، حساسیت کمتری نیز ایجاد می کنند.

■ **آمالگام به ساختمان دندان نمی چسبد و مکانیسم کاری آن، گیر مکانیکی است که اصول حفره زدن مخصوص به خود را دارد؛ یعنی حفره از پایین diverge و از بالا converge باشد.**

۲. مقاومت فشاری (compressive strength): آمالگام در compression نسبت به tension، مقاومت بیشتری دارد و فشار بیشتری را تحمل می کند. در طراحی حفره در هنگام استفاده از آمالگام، باید دقت زیادی کرد تا compressive strength بالایی را تحمل کند و tension را به حداقل برساند. آمالگام یک ماده ی viscoelastic است؛ به هنگام وارد شدن فشار و استرس نا گهانی، به عنوان یک ماده ی brittle عمل می کند و احتمال شکست آن زیاد است. معمولاً در آمالگام، پس از گذشت زمان ۱ ساعت از setting، compressive strength آن حدود ۸۰ مگاپاسکال است و پس از ۲۴ ساعت، ۴-۵ برابر افزایش پیدا می کند و حدود ۳۰۰ مگاپاسکال می شود.

■ **برای همین باید به بیمار توصیه کنیم که تا دو ساعت پس از پُر کردن دندان، چیزی نخورد و تا ۲۴ ساعت، با سمت دیگر غذا بخورد.**

۳. Creep: یکی دیگر از خواص منحصر به فرد ماده ی آمالگام، creep است. creep به معنای تغییرات دائمی در یک ماده تحت فشار ثابت است. برای اندازه گیری creep، یک فشار مداوم به حجم معینی از آمالگام اعمال می شود و deformation آن که در عرض ۱-۴ ساعت تحت فشار ثابت است، با دستگاه های خاص سنجیده می شود. ماکسیمم creep که یک آمالگام استاندارد می تواند داشته باشد، ۱٪ است. اگر میزان creep بیشتر از ۱٪ باشد، آمالگام دچار شکست زودرس می شود. بیشترین creep برای low copper lathe-cut به میزان ۳/۶٪ و کمترین creep مربوط به آمالگام های high copper spherical به میزان ۰/۵-۰/۹٪ است. یکی از علل خواص منفی آمالگام های low copper، به علت  $\gamma_2$  (فاز قلع و جیوه) است. این فاز creep بسیار بالایی دارد و در نتیجه، marginal fracture بالایی دارد و در نواحی marginal زود تر می شکند.

۴. Corrosion resistance: یکی دیگر از خواص مکانیکی آمالگام، corrosion است؛ یعنی تخریب فلز به وسیله یک واکنش شیمیایی یا الکتروشیمیایی که در محیطی که ماده در آن قرار دارد، انجام می شود.

■ corrosion انواع مختلف دارد. یکی از انواع آن، galvanic corrosion است؛ یعنی تغییر فاز metal که به وجود می آید، حالتی مشابه با برق گرفتگی در بیمار ایجاد می شود که آستانه ی آن از فردی به فرد دیگر متفاوت است. سایر corrosion ها مثل marginal corrosion یا stress corrosion، در فازهای مختلف جامد یک فلز به وجود می آید.

Amalgam چون از ترکیبی آلیاژ و جیوه تشکیل شده، یک فلز است. وقتی corrosion در آمالگام اتفاق می افتد؛ یعنی، یون های فلزی آزاد می شوند (leak میکنند) که این باعث ایجاد خلل و فرج (porosity) در amalgam می شود که در نتیجه چون فلز از آن release شده است، باعث کاهش قوام آمالگام و کاهش استحکام و شکل مارچین ها (marginal integrity) می شود.

در low copper amalgam،  $\gamma_2$  وجود دارد که یک فاز مضر است، این فاز corrodible ترین فاز بوده و در آن قلع وجود دارد (Sn-Hg)؛ در نتیجه corrosion این ماده در دهان که حاوی الکترولیت بزاق بوده و در معرض اکسیژن است، صورت می گیرد.  $\gamma_2$  با اکسیژن ترکیب می شود و اکسی کلرید قلع را به وجود می آورد؛ این ماده به نوبه ی خود، جیوه (mercury) که toxic است و سمیت دارد، آزاد می کند؛ فرمول این واکنش بدین صورت است:

$$\text{Sn}_{7-8}\text{Hg} + 1/2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{Cl}^- \rightarrow \text{Sn}_4(\text{OH})_6\text{Cl}_2 + \text{Hg}$$

■ به طور کلی می توان گفت فاز  $\gamma_2$  در آمالگام فاز ضعیف و مضر است.

در low copper amalgam،  $\gamma_1$  مقاوم ترین فاز نسبت به corrosion می باشد.

■ از هر آمالگامی به مرور زمان یون های فلزی آزاد می شود اما در low copper بیشتر است و در نتیجه گفته می شود که corrosion در آن بیشتر است.

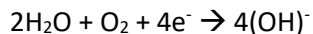
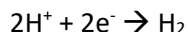
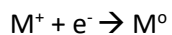
### واکنش الکتروشیمیایی corrosion

شکل زیر، یک سلول الکتروشیمیایی را نشان می دهد که در آن، یک محیط خیس مثل saliva در حفره ی دهان، به عنوان الکترولیت عمل می کند؛ در یک سمت، آمالگام (قطب آند) و در سمت دیگر کاتد وجود دارد (مثلاً آلیاژ طلا در دندان بیمار). وقتی دو فلز غیرهم جنس رو به روی یکدیگر قرار می گیرند، سلول الکتروشیمیایی فعال می شود. حفره دهان، محیطی دینامیک و خیس است. در دهان، بزاق به عنوان الکترولیت و دو دندان روبه روی هم که به طور مثال، یکی دارای filling آمالگام و دیگری دارای filling با روکش طلا یا in-lay یا on-lay طلا است، به عنوان آند و کاتد عمل می کنند. به دلیل تفاوت عدد electromotive این دو فلز، آند الکترون آزاد کرده و کاتد این الکترون را می گیرد. پس واکنش الکتروشیمیایی به بالاتر بودن یا پایین تر بودن عدد electromotive هر کدام از مواد بستگی دارد.

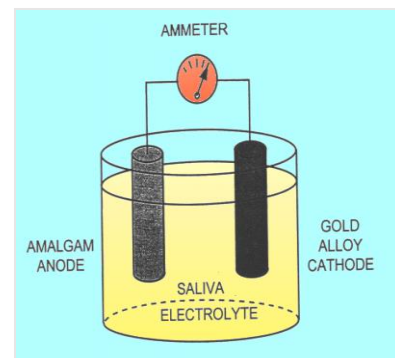
Anode (oxidation)



Cathode (reduction reaction)



EMF series is basis for any discussion of electrochemical corrosion of dental alloys



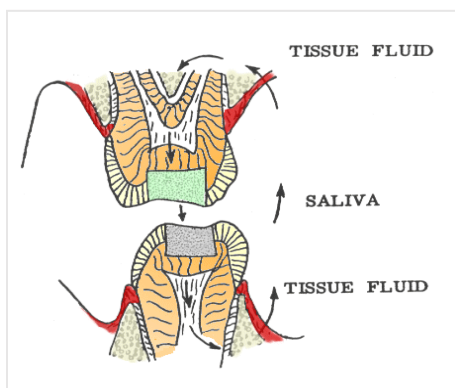
با توجه به جدول سری الکتروشیمیایی، اگر عدد electromotive هیدروژن را صفر در نظر بگیریم، هرچه از هیدروژن به سمت بالا برویم اعداد مثبت تر (noble تر) می شوند؛ با توجه به این موضوع، طلا مثبت ترین فلز بوده، بیشترین عدد electromotive را داشته و کاتد ترین element است. در مقابل، هرچه از هیدروژن به سمت پایین بیاییم اعداد منفی و آند تر می شوند.

وقتی ترکیبی از آلیاژهایی که در amalgam ها وجود دارند را در نظر می گیریم، این موضوع را متوجه می شویم که این ترکیب آلیاژ، در برابر طلا، در حکم آند است و الکترون از دست می دهند که همین موضوع سبب corrosion ماده و رخداد خوردگی در amalgam و در نهایت سبب ضعیف شدن amalgam و ایجاد خلل در آن می شود.

TABLE 16-1. Electromotive Series of the Metals

| Metals    | Ion              | Electrode Potential (V) |
|-----------|------------------|-------------------------|
| Gold      | Au <sup>+</sup>  | + 1.50                  |
| Gold      | Au <sup>3+</sup> | + 1.36                  |
| Platinum  | Pt <sup>2+</sup> | + 0.86                  |
| Palladium | Pd <sup>2+</sup> | + 0.82                  |
| Mercury   | Hg <sup>2+</sup> | + 0.80                  |
| Silver    | Ag <sup>+</sup>  | + 0.80                  |
| Copper    | Cu <sup>+</sup>  | + 0.47                  |
| Bismuth   | Bi <sup>3+</sup> | + 0.23                  |
| Antimony  | Sb <sup>3+</sup> | + 0.10                  |
| Hydrogen  | H <sup>+</sup>   | 0.00                    |
| Lead      | Pb <sup>2+</sup> | - 0.12                  |
| Tin       | Sn <sup>2+</sup> | - 0.14                  |
| Nickel    | Ni <sup>2+</sup> | - 0.23                  |
| Cadmium   | Cd <sup>2+</sup> | - 0.40                  |
| Iron      | Fe <sup>2+</sup> | - 0.44                  |
| Chromium  | Cr <sup>2+</sup> | - 0.56                  |
| Zinc      | Zn <sup>2+</sup> | - 0.76                  |
| Aluminum  | Al <sup>3+</sup> | - 1.70                  |
| Sodium    | Na <sup>+</sup>  | - 2.71                  |
| Calcium   | Ca <sup>2+</sup> | - 2.87                  |
| Potassium | K <sup>+</sup>   | - 2.92                  |

## Galvanic Corrosion



در دهان، نوعی corrosion به خاطر قرار گرفتن دو عنصر غیر مشابه روبه روی هم اتفاق می افتد، که به آن Galvanic corrosion گفته می شود.

شاید گاهی اوقات حس کرده باشید که وقتی یک دندان با amalgam پر شده و به طلا یا شیئی فلزی مثل قاشق به آن برخورد می کند، باعث ایجاد یک شوک گالوانیک و در نتیجه، یک درد ناگهانی و تیز می شود. این اتفاق همیشه رخ نمی دهد و به میزان تحمل (pain threshold) بیمار بستگی دارد. Galvanic corrosion در مواقعی که زیر amalgam، base قرار نداده باشیم نیز رخ می دهد.

■ این زمان برای آمالگام های ایرانی بین ۱۲ تا ۱۵ ثانیه است و برای آمالگام های خارجی بین ۹ تا ۱۲ ثانیه است.

کپسول های amalgam دو قسمت (۱. جیوه ۲. آلیاژ آمالگام) دارند، آلیاژ و جیوه در دستگاه amalgamator مخلوط می شوند.

Spherical or irregular low copper ها با دستگاه هایی با سرعت کم مخلوط می شوند؛ ولی آلیاژ های high copper به سرعت بیشتری احتیاج دارند. بهتر است این مواد از لحاظ مدت و سرعت، طبق توصیه کارخانه مخلوط شوند؛ ولی اگر بروشور کارخانه در دسترس نبود و در زمان دقیق مخلوط کردن مثلاً بین ۱۲ و ۱۴ ثانیه شک داشتیم، اساس مخلوط کردن را باید بر زمان بالاتر قرار دهیم. تفاوت ۲ تا ۳ ثانیه در مخلوط کردن، برای ایجاد آمالگام under-mix یا over-mix کافی است؛ آمالگام هنگامی که زیاده تر مخلوط می شود، over-trituration و وقتی کمتر مخلوط می شود، under-trituration نام می گیرد.

### Amalgamator

amalgamator های متفاوت، سرعت های متفاوتی دارند، دستگاه آمالگاماتور استاندارد از نظر سرعت سه قسمت دارد:

۱. سرعت کم (low speed): یعنی چرخیدن 3200-3400 cycles/min ← معمولاً برای low copper ها استفاده میشود؛
۲. سرعت نرمال (medium speed): یعنی چرخش 3700-3800 cycles/min
۳. سرعت زیاد (high speed): یعنی چرخیدن 4000-4400 cycles/min

■ آمالگاماتورهای خوب معمولاً قدرت تنظیم سرعت دارند که برای برخی از کپسول ها مانند گلس آینومر و یا کپسولهای رزینی باید سرعت زیاد باشد.

### Mixing Variables

در هنگام میکس کردن amalgam سه حالت ممکن است برای آن رخ دهد:

۱. Under-mixed: یعنی اگر کمتر از زمان توصیه شده، amalgam را مخلوط کنیم حالت تیره، تکه تکه، کدر و شنی مانند (dull and crumbly) پیدا می کند.
۲. Normal: اگر زمان نرمال باشد به صورت شفاف و گلوله ای و منظم و به صورت یک توده از داخل کپسول بیرون می آید و به کپسول نمی چسبد.
۳. Over-mixed: اگر زیاد مخلوط شود، shiny تر می شود، حالت سوپی پیدا می کند و به داخل کپسول می چسبد.

پس حتی اگر بروشور را پیدا نکردیم و با حدس و گمان زمان مخلوط شدن را تنظیم کردیم، پس از بیرون آمدن ماده از آمالگاماتور، کم یا زیاد مخلوط شدن ماده و مدت زمان normal برای مخلوط کردن آمالگام را براساس آمالگام حاصل می توان حدس زد و اگر آمالگام حاصل مناسب نبود، آن را دور ریخته و بر اساس مدت زمان متناسبی که باعث ایجاد گلوله ای shiny میشود، آمالگام دیگری را مخلوط می کنیم.

مدت زمان های متفاوت در انواع مختلف میکس کردن، سبب تغییر خواص مکانیکی ماده (dimensional change, strength and creep) می شود و ممکن است هر کدام از انواع amalgam ها (low copper یا high copper یا spherical یا lathe-cut) به under-trituration یا over-trituration واکنش متفاوتی نشان دهند.

## Over-trituration:

۱. برای همه انواع amalgam (چه high copper و چه low copper) اگر زمان مخلوط کردن زیاد شود، working time کاهش پیدا می کند.
۲. contraction ممکن است در همه انواع کمی افزایش یابد.
۳. در آلیاژهای irregular، فشار و کشش (tensile and compressive strength) با افزایش زمان بیشتر می شود.
۴. در آلیاژهای spherical و admixed فشار و کشش (tensile and compressive strength) کاهش پیدا می کند.
۵. creep به طور کلی زیاد می شود.

## Under-trituration:

اگر آمالگام under-triturate شود، به معنای این است که جیوه نتوانسته به اندازه کافی آلیاژ را wet کند و به وسیله آن جذب شود (در این حالت، جیوه با آلیاژ آمالگام واکنش خاصی انجام نمی دهد)؛ در نتیجه نمی توانیم مدت زمان زیادی با توده ای که به دست می آید کار کنیم؛ این توده حالتی شن مانند به خود می گیرد و مدت زمان طولانی تری به صورت نرم باقی می ماند.

ویژگی ها:

۱. قابل condense کردن نیست.
۲. مقدار creep آن پایین است.
۳. مقدار porosity خیلی زیاد است.
۴. مقدار strength به شدت کاهش پیدا می کند.
۵. مقاومت آن به corrosion کم می شود؛ در نتیجه corrosion افزایش می یابد.
۶. مدت زمان کار کردن (working time) طولانی تر می شود که البته بستگی زمان under-trituration دارد.

■ پس اگر در زمان trituration شک داشتیم، بهتر است ۲ تا ۳ ثانیه بیشتر مخلوط کردن را انجام دهیم و در حالت کلی، کمی over-trituration بودن، بهتر از کمی under-trituration بودن است.

## Condensation of Amalgam

■ به هنگام کار با آمالگام باید آن را لایه به لایه فشرده یا *condense* کنیم.

هنگامی که توده آمالگام را مخلوط کردیم و در حفره دندان قرار دادیم، این ماده، به طور فیزیکی داخل حفره گیر می کند (همانطور که گفته شد، گیر آمالگام مکانیکی است و گیری شیمیایی با دیواره های دندان ندارد). پس برای به خوبی ماندن آمالگام در حفره دندان باید تکنیک هایی به کار رود تا به آسانی نشکسته و خارج نشود و عمر آن در دندان افزایش یابد. برای این کار از condenser استفاده می کنیم. این وسیله، آمالگام را در داخل حفره ی دندان pack می کند. پس condensation باعث adaptation بیشتر آمالگام به دیواره های حفره ایجاد شده می شود و مقدار جیوه را در ماده پرکردگی کنترل می کند. پس اگر آمالگام را به خوبی و با condenser و نیروی مناسب *condense* کنیم (کل *load* بدن رو بر *condense* اعمال کنید تا لایه ها به خوبی بهم بچسبند)، جیوه ی اضافه روی سطح ماده قرار گرفته که می توانیم آن را برداریم؛ همانطور که گفته شد، با کاهش مقدار جیوه، strength آمالگام بالا می رود که همین موضوع سبب ایجاد dimensional change کمتر ماده، بالاتر رفتن compressive strength و کمتر شدن creep می

شود. هرچه جیوه بیشتری در توده باقی بماند، آلیاژ ضعیف تر می شود. پس هرچه condense کردن بیشتر باشد، آلیاژ قوی تر حاصل می شود. میزان نیرویی که در هنگام condense کردن با دست اعمال می کنیم باید بین ۳ تا ۷ مگاپاسکال باشد. این عمل، باعث افزایش قابل ملاحظه ای در compressive strength آمالگام می شود.

## انواع condenser

■ در انواع کوچک و بزرگ وجود دارد. بسته به نوع پارتیکل های مورد استفاده که *irregular* یا *spherical* باشند، نوع *condenser* مورد استفاده هم متفاوت است.

۱. نوک خیلی کوچکی (۱ تا ۲ میلی متر) دارند که نیرو را در جهت عمودی اعمال می کنند و بیشتر برای ذرات *irregular* استفاده می شوند.

۲. نوک بزرگتری دارند (البته به سایز حفره بستگی دارد) به این معنی که باید کل طول و عرض حفره با نوک *condenser* تطابق یابد. در مورد *spherical shaped* ها (به شکل کره)، وقتی که یک نیروی عمودی با این نوع *condenser* به ماده وارد می شود، نیروی بهتری اعمال شده و *strength* ماده را افزایش می دهد.

۳. *Ultrasonic condensers*: اگر چه که استفاده از آن ها راحت تر است، استفاده ی آن ها توصیه نمی شود؛ به این دلیل که با استفاده از آن ها، سطح بخارات جیوه در مطب از حد استاندارد بیشتر می شود، استفاده از آن ها سبب استنشاق بیشتر جیوه توسط دندانپزشک و بیماران شده، پس چون خطر *safety* دارد، مناسب نیست و در مطب بهتر است از *condenser* دستی به جای برقی استفاده شود.

## Delay in Condensation

در هنگام میکس کردن آمالگام در دستگاه آمالگاماتور، از زمان پایان میکس شدن تا سفت شدن آمالگام *working time* نامیده می شود. در *working time* باید *condense*، کارو و برنیش کردن صورت بگیرد. پس باید زمان را برای این که تأخیری در *condensation* به وجود نیاید به خوبی تنظیم کنیم و تا حد امکان سریع کار کنیم.

■ بسته به نوع آمالگام، مدت زمانی که برای این کار در اختیار خواهیم داشت متفاوت خواهد بود.

اگر *condensation* را به تأخیر بیندازیم:

۱. *Plasticity* آمالگام کاهش می یابد (یعنی آمالگام مقداری سفت شده و قابلیت *pack* کردن و *condense* کردن آن کم می شود).
۲. آمالگام به خوبی به دیواره ها *adapt* نمی شود.
۳. میزان *strength* آمالگام کم می شود.
۴. *creep* افزایش پیدا می کند.

اگر یک حفره خیلی بزرگ وجود داشته باشد و قرار است از یک آمالگام بزرگ ۵ واحدی استفاده کنیم، بهتر است به جای استفاده از یک کپسول بزرگ، از دو کپسول دو واحدی و یک کپسول یک واحدی استفاده شود؛ به این دلیل که وقتی ذره ذره *pack* می کنیم، ممکن است تا *condense* و *packing* قسمت های ابتدایی انجام می شود، آخرین بخش های ماده سفت شده باشد و دیگر به درد *pack* شدن نخورد. پس بهتر است آنها را با فاصله میکس و

trituration کنیم تا filling یا restoration محکم تری با creep کمتر داشته باشیم. بهتر است از زمان میکس کردن آمالگام (بعد از trituration) تا زمان condensation، بیشتر از ۳ تا ۴ دقیقه طول نکشد.

### Mercury Content of Amalgam Restoration

بعد از condensation، مواد را carve می کنیم؛ یعنی به آن شکل می دهیم و در مرحله ی بعد، عمل برنیش را انجام می دهیم. در مرحله carve کردن، مقداری از جیوه خارج می شود؛ همچنین در مرحله برنیش یا polish کردن نیز مقداری مضاعفی از جیوه خارج خواهد شد. تمام این کارها برای افزایش استحکام و integrity آمالگام و کاهش creep آن است. هرچه میزان جیوه بالاتر باشد، خواص کلینیکی ماده کمتر می شود و در مقابل، هرچه میزان جیوه بیشتر باشد، فازهای  $\gamma_1$  و  $\gamma_2$  بیشتر شده و در نتیجه استحکام (strength) آمالگام کمتر می شود؛ بنابراین مقدار جیوه باید در restoration کنترل شود. البته جیوه در آمالگام میکس شده به طور یکنواخت پخش نمی شود و ما باید با مراحل condensate، carve و برنیش کردن سعی در uniform کردن ماده داشته باشیم. هر چه concentration جیوه بالاتر برود (مخصوصاً در نواحی margin تمرکز پیدا کند)، overfilled شدن در ناحیه margin بیشتر اتفاق می افتد و کاهش استحکام در آن نواحی، باعث شکست زودتر آمالگام می شود. پس همیشه در نواحی ای که overfilled است و مناطقی که آمالگام در آن تجمع بیش از حد دارد، carve و carved back انجام می دهیم تا در آن نواحی concentration stress رخ ندهد و آمالگام نشکند.

### Mercury Content

مسئله ای که بسیار در مورد آمالگام اهمیت دارد، مقدار جیوه ی موجود در آلیاژ است. هرچه میزان جیوه ی آمالگام کمتر باشد، بهتر است. اگر از low copper amalgam استفاده می کنیم (که مقدار جیوه آن زیاد است)، باید با condensate، carve، burnish کردن... میزان جیوه را به حداقل برسانیم؛ حتی اگر از high copper amalgam استفاده می کنیم (که مقدار جیوه در آن حدود ۴۳٪ تا ۴۴٪ است) باز هم با عملیاتی که بعد از قرار دادن آمالگام در حفره و بعد از mixing انجام می شود، باید میزان جیوه را در آمالگام به حداقل برسانیم؛ هرچه میزان جیوه کمتر شود، strength آمالگام افزایش می یابد. پس در آلیاژهایی که جیوه ی بیش از ۵۰٪ دارند، توده ای که سفت می شود قابل قبول نیست؛ چون بیشتر از ۵۰٪ بودن جیوه به معنای فاز  $\gamma_2$  و مسمومیت بیشتر است. اما آلیاژهایی که جیوه ی کمتری احتیاج دارند (میزان جیوه کمتر از ۵۰٪ بوده و جیوه ی ۵۰٪ می تواند آسیب رسان باشد)، amalgam strength بیشتری پیدا می کنند. پس هرچه جیوه کمتر باشد، آمالگام سطح بهتری پیدا خواهد کرد و در مرحله ی carving مسمومیت کمتر می شود و در کل آمالگام قابل قبول تر و بهتراست.

■ مقدار اضافی آمالگام طی ۳ مرحله برداشته می شود: *Condensation*، *Carving*، *Burnishing* در مراحل بالا ضمن این که به آمالگام شکل و قدرت می دهیم و Creep آن را کم می کنیم، جیوه اضافه نیز گرفته می شود؛ چون جیوه فقط برای *Wet کردن لازم است ولی برای ماندن لازم نیست*.

### Moisture Contamination During Insertion

پدیده moisture contamination باعث expansion اضافه ی آمالگام نهایی می شود. در زمان condensate کردن آمالگام در حفره ی دندانی (قبل از setting نهایی)، این ماده نباید با بزاق تماس داشته باشد. بنابراین در حفره های بزرگ، حفره حتماً باید به وسیله rubber dam ایزوله شود و اگر نتوانستیم آن را با rubber dam ایزوله کنیم، باید به وسیله **کاتر رول** یا گاز ایزولیشن حفره صورت بگیرد و در هر حال برای آلوده نشدن آمالگام به بزاق، باید از ساکشن های قوی استفاده کنیم؛ زیرا اگر در طی condensation و قبل از سفت شدن آمالگام، این ماده به بزاق آلوده شود، صدمات غیر قابل جبرانی به آن وارد می شود. آلوده شدن آمالگام به بزاق، به خصوص اگر آمالگام حاوی zinc باشد، باعث delay expansion در ماده (چند ساعت تا چند روز) می شود. اگر نمی توانیم حفره را ایزوله کنیم و به ساکشن قوی دسترسی نداشته باشیم، بهتر است از آمالگامی استفاده کنیم که فاقد zinc باشد تا

excessive delay در expansion آن رخ ندهد. اگر excessive delay در expansion در آمالگام ایجاد شود، بعد از مدتی که به حفره نگاه می کنیم، آمالگام از حفره بیرون زده است که سبب marginal breakdown و در نتیجه احتمالاً پوسیدگی ثانویه می شود؛ پس در این حالت ترمیم قابل قبول نیست و باید آمالگام را خارج کنیم و با روش و آمالگام بهتری با ایزولیشن کامل، آمالگام جدیدی را مجدداً جایگزین کنیم.

- اگر احتمال آلودگی ماده به رطوبت ضمن کار وجود داشته باشد (مثل کار بر روی دندان ۶ و ۷ پایین یا ۷ بالا)، نباید از آمالگام حاوی زینک استفاده کنیم؛ زیرا برخورد زینک با رطوبت باعث تاخیر در Setting ماده می شود (delay setting). به همین دلیل بعد از ۲۴ ساعت هم با خوردن غذا روی آن دندان ممکن است ماده بشکند.
- در مرحله ی carving، آمالگام به دلیل این که نوعی ماده ویسکوالاستیک می باشد، قدرت Shape گرفتن دارد و دقیقاً به شکل Fissure ها، Groove ها و... در می آید.

#### ■ Condensation → Carving → Burnishing → Finishing and Polishing **Finishing of Amalgam Restoration**

معمولاً بعد از تمام شدن عمل پرکردگی یعنی زمانی که condensation، carving، burnishing به پایان می رسد، به مرحله finishing و polishing می رسیم. در این مرحله دو حالت وجود دارد:

۱. در هنگام استفاده از low copper amalgam ۲. در هنگام استفاده از high copper amalgam

۱. اگر از low copper amalgam استفاده کنیم، معمولاً در همان جلسه ی پرکردگی نمی توان کار finishing را انجام داد. بیمار باید حداقل ۲۴ ساعت بعد مجدداً به مطب مراجعه کند و در این مدت فشاری به دندان وارد نکند (مثلاً از سمتی که پرکردگی انجام شده است، غذا را نجود) تا عمل finishing را در جلسه بعد انجام دهیم. عمل finishing باعث استحکام بیشتر ماده و خروج جیوه اضافی می شود. مواد مورد استفاده در مرحله finishing:

- Fine stones, abrasive disks, extra fine silex, a thin slurry of tin oxide

a. Fine stones که مواد ساینده ی آن ها خیلی زبر نیست؛

b. Abrasive disks؛

c. اکسید قلعی که به صورت پودر است و پامیس (pumice) نامیده می شود.

در مرحله ی آخر، این مواد را با آب مخلوط کرده و سطوح آمالگام را finish و polish می کنیم. در طول پروسه polishing نهایی، restoration باید حتماً مرطوب باشد؛ چون حرارت زیاد به آمالگام آسیب زده و سبب خروج بیشتر جیوه از آن می شود. وسیله ای که با آن polishing را انجام می دهیم، نباید از روی margin عبور دهیم؛ چون باعث ضعیف شدن آمالگام و از دست رفتن مقاومت آن نسبت به فشارهای shear و tension می شود.

۲. عمل finishing در آمالگام high copper spherical که میزان copper در آن ها بالاست را می توانیم در همان جلسه ی اول، پس از ۸ تا ۱۰ دقیقه از اتمام کار، انجام دهیم. وقتی که تصور کردیم آمالگام کاملاً سفت شده است، روی آن فرز یا دیسک می کشیم یا از خمیر polishing (creamy paste of triple-x silex and water یا polishing paste) استفاده می کنیم که با rubber cap با سرعت کم هندپیس روی آمالگام کشیده می شود و بدین طریق متوجه می شویم که آمالگام سفت شده است. در این زمان می توانیم کار polishing را آغاز کنیم. در نتیجه یکی از مزیت های این نوع آمالگام، برای بیمار و دندانپزشک (چون در جلسه دوم برای ۵ دقیقه انجام این مرحله تمام وسایل و ابزار ها و وسایل محافظت را باید set up کند) این است که دیگر نیاز به مراجعه مجدد بیمار به مطب در روز دیگر نیست.

عمل polishing باید حتماً چه در همان جلسه، چه در جلسه دوم انجام شود؛ زیرا در صورت انجام ندادن این مرحله، سطح، polish نشده و زبر است که سبب ایجاد حفرات و شیارهای میکروسکوپی در سطح ماده که محل تجمع غذا و اسید تولید شده می باشد، می شود و در نهایت، باعث ایجاد galvanic action، tarnish، galvanic corrosion می شوند که پس از مدتی، ظاهری متخلخل (corroded) و نامناسب به آمالگام می دهد؛ پس finishing-polishing از مراحل ضروری محسوب می شود.

■ **حین Burnishing نباید خیلی زیاد روی Margin ها را Burnisher بکشیم؛ زیرا آمالگام ضعیف می شود.**

### Sources of Mercury

در هوا، آب، رژیم غذایی و حتی بعضی مشاغل با مقدار زیادی جیوه مواجه می شویم. اگر فقط یک بار در هفته غذای دریایی خورده شود، میزان جیوه در ادرار بین ۵ تا ۲۰ میکروگرم بر لیتر خواهد بود که ۲ تا ۸ برابر بیشتر از سطح exposure با آمالگام است. مریضی که ۹ دندان پر شده با آمالگام دارد، به طور روزانه، تنها ۱٪ از میزان استاندارد (OSHA: occ.sur.inhale) که سازمان بهداشت جهانی اجازه می دهد آن میزان در محل کار استنشاق شود، استنشاق می کند؛ پس میزان جیوه موجود در آمالگام زیاد خطرناک نیست و همچنین حتی ممکن است در بعضی مواد غذایی که می خوریم، میزان جیوه بیشتر باشد. جیوه ی موجود در خون و سرم، بیشتر با رژیم غذایی و مشاغل در ارتباط است تا آمالگام. جیوه ی موجود در آمالگام معمولاً خود را در ادرار نشان می دهد؛ بنابراین در نهایت دفع می شود. جیوه در آمالگام، hazard، خطر و مسئله ایمنی است که باید میزان آن کنترل و رعایت شود و در کل خطر جیوه در آمالگام را نباید دست کم بگیریم.

به علت سایر خواص آمالگام، باید به فکر ماده ای جدید برای پر کردن دندان باشیم (موادی زیباتر، مستحکم تر و با خطر کمتر). مسئله اصلی در مورد آمالگام بحث structure دندان است؛ در واقع در هنگام کار با آمالگام، برای ایجاد گیر مکانیکی مناسب، باید مقدار زیادی از ساختار دندان را تخریب و undermine کرده و برای آن undercut ایجاد کنیم. در حالی که اگر از مواد رنگ دندان که گیر شیمیایی یا میکرومکانیکی دارند، استفاده کنیم ضرورتی در خراب کردن ساختمان دندان نخواهیم داشت.

■ **در اثر ورود جیوه به بدن قسمت اعظم آن از راه ادرار دفع می شود ولی مقداری از آن وارد خون و سرم می شود و باعث افزایش سطح جیوه در آن ها می شود. پس می توان نتیجه گرفت که جیوه آمالگام آن چنان هم بد نیست و عامل اصلی در تحقیر آمالگام بحث تبلیغاتی بود.**

■ **دلیل دیگر این بود که برای استفاده از آمالگام باید مقداری از دندان (Enamel) را بتراشیم تا ماده درون آن گیر کند و از طرفی، Unsupported Enamel را نیز نمی تواند حمایت کند؛ درحالی که کامپوزیت و گلس آینومر این قابلیت را دارند. دانشمند معرفی کننده آمالگام به Extension For Prevention عقیده داشت، یعنی هرچه بیشتر از ساختمان دندان تراشیده شود، جلوی شکستگی را می گیرد و به آن قدرت (Strength) می دهد اما در کامپوزیت گفته می شود که از تراشیدن دندان جلوگیری شود زیرا ساختمان دندان مهم است (Prevention Of Extension) و کامپوزیت با باند شدن می تواند به دندان بچسبد و نیازی به گیر مکانیکی ندارد.**

### Concentration of Mercury

- **بیشترین میزان مجاز بخار جیوه (Threshold limit value) یا (TLV) در مطب ما  $0.5 \text{ mg/m}^3$  می باشد؛ به دلیل این که این میزان بخار جیوه را استنشاق میکنیم، در تمام مطب های دندانپزشکی باید همیشه طبق استاندارد، میزان جیوه اندازه گیری شود.**
- **کمترین میزان جیوه در بدن که حالت سمی برای بدن پیدا میکند، ۳ تا ۷ میکروگرم بر هر کیلوگرم وزن بدن است.**
- **بالاترین میزان جیوه در ادرار، پس از ۴ روز و به میزان  $2/54 \mu\text{g/L}$  است که باید ۷ روز پس از گذاشتن آمالگام در دهان به صفر برسد.**

- پس از برداشتن آمالگام از روی دندان (این عمل با توربین اتفاق می افتد)، میزان جیوه ی بیشتری در هوا پخش می شود؛ در این هنگام، مقدار جیوه به  $4 \mu\text{g/L}$  می رسد. پس باید به طریقی سعی کنیم ریسک و مقدار جیوه را کنترل کنیم و آن را به حداقل برسانیم.
- تغییرات نوری در بالاتر از  $500 \mu\text{g/L}$  (۱۷۰ برابر حداکثر میزان جیوه در هنگام قرار دادن آمالگام) رخ می دهد.
- بیشترین دود (smoke) و بخار آمالگام را زمانی که آمالگام را از سطح دندان بر میداریم تنفس می کنیم. حتی در این موارد، هر چقدر هم که ساکشن قوی باشد، چون با آب مخلوط شده احتمال اینکه بیمار آن را ببلعد هم وجود دارد.

### کاهش ریسک جیوه در مطب

برای به حداقل رساندن ریسک جیوه در مطب و به درستی discard شدن آمالگام، باید موارد زیر صورت بگیرد:

۱. اگر پس از اتمام کار با آمالگام، مقداری از آن روی میز یا داخل کپسول باقی بماند، نباید روی میز کار قرار بگیرد یا داخل سطل آشغال انداخته شود، بلکه باید به ظرفی در بسته که در هنگام زمین خوردن نشکند، منتقل شود. وزارت بهداشت وظیفه دارد هر چند وقتی یکبار، این ظرف ها را جمع آوری کند؛ پس کپسولی که به دور انداخته می شود نباید حاوی آمالگام باشد و ابتدا تمام آمالگام را از داخل آن تمیز کرده، سپس هریک از کپسول و آمالگام را به روش مناسب خود، دور می اندازیم؛
۲. در محل کار، باید تهویه هوا و دستگاه ساکشن قوی وجود داشته باشد و ventilation به خوبی صورت بگیرد؛ مکانی تاریک، بدون هواکش و نور باعث افزایش خطرات جیوه می شود؛
۳. کف و دیوار های مطب باید قابل شستشو بوده و بهتر است از جنس سرامیک باشند؛
۴. در هنگام کار با آمالگام با فرز ، finishing و polishing از ایجاد حرارت و گرم شدن بیش از حد آمالگام جلوگیری کنیم. با اسپری مکرر آب و هوا از گرم شدن بیش از حد آمالگام و دندان و آزاد شدن جیوه جلوگیری می شود؛
۵. برای اطمینان از بیش از حد در معرض جیوه نبودن، حتماً مقدار جیوه موجود در مطب را به صورت سالانه اندازه گیری کنیم و از کارکنان مطب درخواست دادن آزمایش خون و ادرار را داشته باشیم تا جیوه موجود در بدن آن ها مشخص شود؛
۶. از condenser های اولتراسونیک استفاده نکنیم؛ چون باعث تبخیر بیشتر جیوه و پخش شدن آن در مطب می شوند؛
۷. به منشی های مطب آگاهی لازم را بدهیم و از آن ها خود بخواهیم که حتماً از ماسک و عینک استفاده کنند؛
۸. مقدار جیوه مطب به طور منظم اندازه گیری کنیم.

### ۹. آمالگام حین خالی کردن، به دلیل داغ شدن هندپیس ها، گرم نشود.

نکته ی آخر: بهتر است به جای استفاده از آمالگام از کامپوزیت استفاده کنیم؛ این ماده که استفاده ی آن سه دهه است در دندانپزشکی رایج شده ، در دهه ی اخیر استحکام بسیار خوبی پیدا کرده و برای کار کردن با آن ها تکنیک های جدیدی ارائه شده است. این ماده نسبت به آمالگام زیباتر است و به نسبت از استحکام خوبی نیز برخوردار است و این تصور که آمالگام استحکام بیشتری از کامپوزیت دارد و برای دندان های عقب بهتر است، کاملاً اشتباه می باشد. به امید روزی که در کشور ما هم مانند همه کشورهای پیشرفته از کامپوزیت به جای آمالگام استفاده شود و جز در موارد نادر از آن استفاده نکنیم 😊. پایان.